

**Die Pionierphase des Bauens mit glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK)
1942 bis 1980**

Pamela Voigt

**Die Pionierphase des Bauens mit glasfaserverstärkten
Kunststoffen (GFK)
1942 bis 1980**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor phil.

an der Fakultät Gestaltung
der
Bauhaus Universität Weimar

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Pamela Voigt
geb. 28. Mai 1976

Gutachter:
Prof. Dr. phil. Achim Preiß

Tag der Disputation:
23. Mai 2007

„Was hat man ihm (dem kleinen Mann) nicht alles versprochen: Das Land Utopia, den kommunistischen Zukunftsstaat, das neue Jerusalem, selbst fremde Planeten. Aber er wollte immer nur eins: ein Haus mit Garten.“

Chesterton (Schriftsteller)

1.	Einführung	1
1.1	Vorgänger	2
1.2	Quellen	3
1.3	Die Tragwerksformen	5
1.4	Die geschichtliche Entwicklung der Baumaterialien	5
2.	Die Pionierphasen	9
2.1	1. Phase (1942 – 1959)	9
2.2	2. Phase (1960 – 1972)	13
2.2.1	Das Material	19
2.2.2	Die Herstellung	19
2.3	3. Phase (1973 – 1980)	21
2.3.1	Das Ende der Pionierphase	27
3.	Die Pioniere	31
3.1	Baumeister	33
3.2	Architekten	37
3.4	Forschungsgruppen	39
3.5	Öffentlichkeitsarbeit	43
4.	Die Nutzungen	45
4.1	Wohnhaus	45
4.1.1	Raumklima	51
4.1.2	Wärmespeicherung	53
4.1.3	Schallschutz	54
4.2	Zweithaus / Schutzhaus / Raumzelle	55
4.2.1	Zweithaus	55
4.2.2	Schutzhaus	57
4.2.3	Raumzelle	58
4.3	Gebäudehülle / Überdachung	60
4.4	Ausstellung	65
4.5	Fassade	68
4.6	Spielgerät	70
5.	Die Architektur / Formfindung	73
5.1	organische Architektur	74
5.1.1	Einheit von Gebäude und Natur	76
5.1.2	Formen aus der Natur	79
5.1.3	Prinzipien aus der Natur	83
5.1.4	Geometrie	85
5.2	Phantasie	87
5.3	Stadtstrukturen	90
5.4	Industrielles Bauen	94
5.5	Temporäre Architektur	101
6.	Fazit	103
7.	Ausblick	107

8.	Der Katalog	111
8.1	Aufzählung nach Alphabet	112
8.2	Projekte 1. Phase	115
8.3	Projekte 2. Phase	131
8.4	Projekte 3. Phase	209
9.	Anhang	
9.1	Kunststoffe	229
9.2	Die faserverstärkten Kunststoffe / die glasfaserverstärkten Kunststoffe	230
9.2.1	Die Fasern	230
9.2.2	Die Matrix	231
9.3	Die Herstellungstechniken	233
9.3.1	Handauflegeverfahren	233
9.3.2	Faserspritzverfahren	235
9.3.3	Vakuumverfahren	236
9.3.4	Wickelverfahren	238
9.3.5	Kontinuierliches Laminierverfahren	238
9.3.6	Beschichtungsverfahren / Ausschäumtechnik	239
9.4	Verbindungstechniken	240
9.5	Materialgeschichte der Kunststoffe	241
9.6	Architekturströmungen	243
9.7	Bauten der Architekturgeschichte, nach Baumaterialien geordnet	245
10.	Quellen	253
10.1	Literatur / Zeitschriften / Briefe	253
10.2	Internetseiten	267
10.3	Gespräche	268

Mein Dank gilt den Professoren J. Ruth und R. Gump, die die Forschungsgruppe FOMEKK gründeten und es mir ermöglichten auf diesem spannenden Gebiet innerhalb einer interdisziplinären Gruppe mit Thoralf Krause und Stefan Linne zu arbeiten. Besonderer Dank gilt meiner Kollegin Elke Genzel, die mir als Vorbild aber auch als Freundin zur Seite stand und hoffentlich weiterhin steht. Großen Dank an Professor A. Preiß, durch dessen Unterstützung ich diese Arbeit überhaupt erst zum Abschluß bringen konnte.

Dank an meine Eltern, Tabea und Johannes, die immer an mich glaubten, meine Mitbewohner und Freunde, die mich unterstützten und besonders Cordula Christoph die viel Geduld bewiesen hat.

Mein größter Dank gilt jenen, die diese Arbeit durch ihre Hilfe erst ermöglichten: den Pionieren Casoni & Casoni, Wolfgang Feierbach, Heinz Hossdorf, Heinz Isler und Matti Suuronen, den Besitzern solcher einzigartigen Bauten Andreas Knitz, Cora Geißler und Johann Gockl, den Mitarbeitern der Universitätsbibliothek Weimar und Elmar Boy vom IBK.

1. Einführung

Seit den 1990er Jahren wurden die Möbel der 1950/60er Jahre, von Ray und Charles Eames, Verner Panton, Arne Jacobsen und Eero Saarinen wiederentdeckt. Sie kamen zurück in die Lounges, Cafés und Wohnungen. Futuristische Kunststoffhäuser der 1960/70er Jahre wurden in Ausstellungen in Paris, Delft und Venedig ausgestellt. Abbildungen der fließenden, farbigen Kunststoffausstattung der Ost/Kuttner Apartments in New York (1996) von den Architekten S. Kolatan und W. Mac Donald wurden in Architektur- und Designzeitschriften publiziert. Die Firma Fiberline unterstützte die Entwicklung eines dreigeschossigen Hauses aus stranggepreßtem glasfaserverstärktem Kunststoff (Eyecatcher, 1999).

Auch Architekten und Ingenieure der Bauhaus Universität Weimar wurden zunehmend auf das Bauen mit Kunststoffen aufmerksam. Die Frage 'Wie baue ich mit Kunststoff?' setzte sich in den Köpfen fest. Die 2001 von den Professoren R. Gump und Dr.-Ing. J. Ruth an der Bauhaus-Universität Weimar gegründete Forschungsgruppe FOMEKK (Forschungsgruppe für materialgerechtes Entwerfen und Konstruieren mit faserverstärkten Kunststoffen) untersuchte genau dieses WIE.

Mich, als Teil dieser Gruppe, beschäftigte vor allem die Frage 'Was baut man mit Kunststoffen?', denn die landläufig erstgestellte Frage 'Kann man mit Kunststoffen bauen?' erübrigte sich nach kurzen Einblicken in aktuelle Architektur- und Designzeitschriften und in Veröffentlichungen über das Design der 1960/70er Jahre, die ja für den exorbitanten Umgang mit Kunststoffen bekannt sind. In aktuellen Veröffentlichungen kann man einen mehr als oberflächlichen Blick auf die Anfänge des Bauens mit Kunststoffen bemerken. Eine sorgfältige Analyse des Ursprungs dieser organisch anmutenden Formen fehlte ganz und gar. Im Mittelpunkt der Artikel stand nicht das damals erreichte Wissen und Anwendungsspektrum, sondern der Form- und Farbenreichtum des Designs. In Fachzeitschriften der 1960er Jahre entdeckt man dagegen einen wahren Schatz an realisierten Gebäuden und auch angedachten Projekten der 1950er bis 1970er Jahre. In Publikationen eröffnet sich einem eine vollkommen neue Welt, die der Bauten aus Kunststoffen.

Das Feld der Realisationen und der Projekte des gesamten Kunststoffbaus ist aufgrund der unterschiedlichen Kunststoffarten (siehe Anhang *Kunststoffe*) und somit Ausführungen sehr weitläufig. Daher begrenzt sich diese Untersuchungen auf die glasfaserverstärkten Kunststoffe (GFK), welche in die Gruppe der faserverstärkten Kunststoffe (FVK) gehört (siehe Anhang *faserverstärkte Kunststoffe / glasfaserverstärkte Kunststoffe*). Diese sind aufgrund der Fasern für tragende Bauteile bestens geeignet. Die Fasern übertragen die auftretenden Kräfte und werden durch das sie umschließende Harz gebunden. Der GFK ist aufgrund des Preis-Leistungsverhältnisses am günstigsten und wurde daher bevorzugt innerhalb des Bauwesens verwendet. Innerhalb dieser Dissertation wurden daher nur jene realisierten Projekte aufgenommen, die eindeutig den glasfaserverstärkten Kunststoff tragend und raumbildend verwendeten. Diese sind stichpunktartig, unterstützt durch Fotos und Zeichnungen, im Katalog dieser Arbeit vorgestellt. Der Verweis innerhalb der Kapitel erfolgt durch eine entsprechende Kennung in Form von: [Jahreszahl/Nummer].

Neben den faserverstärkten Kunststoffen (FVK) kamen vereinzelt zum Beispiel Polyvinylchlorid (PVC), Polyurethan-Hartschaum (PUR-Hartschaum) und PMMA (Plexiglas) als tragende Materialien zum Einsatz. Es gab aber auch zahlreiche Mischbauweisen mit Holz oder Leichtbeton. Innerhalb des Architekturgeschehens spielen diese anderen Kunststoffe eine untergeordnete Rolle.



Polyurethanschaum-Iglus als Notwohnungen in Peru, Bayer AG 1970 [Quarmby, 1974, 78]



Fuji Pavillon, Osaka 1970, pneumatische Struktur [Quarmby, 1974, 110]



Überdachung Olympiagelände Frei Otto, 1970 [Saechtling, 1973, 521]

Innerhalb der Pionierzeit wurde aber lediglich innerhalb von Ingenieurartikeln und Materialübersichten speziell auf die Untergruppe der faserverstärkten Kunststoffe eingegangen. Die Publikationen über das Bauen mit Kunststoffen der 1950er bis 1970er Jahre umfaßte alle Kunststoffe aller Baubereiche, Spachtelmassen genauso wie Oberlichter aus PMMA oder Fassadenelemente aus PVC. Aus dieser ungenauen Ausdrucksweise resultiert das heute noch anzutreffende Mißverständnis, daß alle Kunststoffe gleich sind.

Während der Recherche drängte sich die Frage auf 'Warum baute man mit glasfaserverstärkten Kunststoffen?'. Diese Grundlage wird innerhalb der Untersuchung der wirtschaftlichen, politischen, gesellschaftlichen und kulturellen Beeinflussungen während der Pionierphase geklärt (siehe Kapitel 2. *Die Pionierphasen*).

Das Interesse der Architekten geht aber in die Richtung 'Warum baute man in dieser Weise mit GFK?'. Zu Beginn der Bearbeitung war lediglich klar, daß die Nutzungskonzepte (Wohnhaus, Zweithaus, Ausstellung, Spielgerät) und Gebäudeteile (Gebäudehülle, Überdachung, Fassade) großen Einfluß auf das Bauen mit glasfaserverstärkten Kunststoffen hatten (siehe Kapitel 4. *Die Nutzungen*). Aber von welchen Vorbildern und Inspirationsquellen wurden die Bauten und Projekte beeinflusst? War ihr Ursprung vollkommen frei, allein der Phantasie entsprungen? Beruhte der Entwurf auf den Gestaltungsregeln des GFK? Oder hatte die Raumfahrt die Architekten und Ingenieure auf diesen Formenreichtum gebracht? War es eine Architektur der Zukunft? Bilden die Kunststoffbauten, also auch jene anderer Kunststoffarten, einen eigenen Kunststoffstil heraus? Auf diese und alle hier nicht aufgezählten Fragen werden im Kapitel 5. *Die Architektur / Formfindung* eingegangen.

Die in dieser Dissertation geschilderte Pionierphase soll dem Verständnis für eine Architektur aus GFK dienen. Kein heute existierender Baustoff wurde entdeckt und ist bis heute kontinuierlich verwendet worden. Alle sind durch ein ständiges auf und ab, eine langwierige Pionierphase und Rückschläge gekennzeichnet. Die Pionierphase des Bauens mit glasfaserverstärkten Kunststoffen ist erst der Beginn (siehe Kapitel 7. *Ausblick*). Das Wissen über den Verlauf der Pionierphase, die damals formulierten Gründe für und wider den Einsatz von GFK und der entwickelten Konstruktionen, Verbindungstechniken und Tragwerke kann einem erneuten Einsatz des immerhin erst 60 Jahre alten Baumaterials nur dienlich sein.

Anliegen dieser Dissertation ist es, die GFK als einsatzfähige Werkstoffe innerhalb der Architekturlandschaft wieder einen Platz zu geben. Die Analyse der Pionierphase soll das verschüttete Wissen aufdecken, die in den 1970er Jahren entstandenen Vorurteile sichtbar machen und die glasfaserverstärkten Kunststoffe als das darstellen, was sie sind, leistungsfähige Baustoffe für gekrümmte und gefaltete Konstruktionen.

1.1 Vorgänger

Mit der Veröffentlichung Matthias Ludwigs *Mobile Architektur* [Ludwig, 1998] erwachte das Interesse der Architekten an den bis dahin vergessenen Kunststoffhäusern. Diese Veröffentlichung behandelt allerdings nur Kunststoffhäuser und Raumzellen, Gebäudehüllen oder Überdachungen werden nicht genannt. Sie bildet somit keinen allgemeinen Überblick über die gesamte Vielfalt der Projekte und Entwicklungsgeschichte der GFK-Architektur.

Auf Grundlage der Veröffentlichung *Kunststoffhäuser und Raumzellen* [IBK, 1973] des IBK (Institutes für das Bauen mit Kunststoffen) erfaßte Matthias Ludwig Wesen und Problematik der Pionierzeit folgendermaßen:

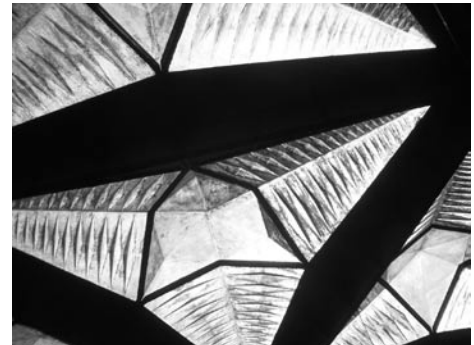
„Die Kunststoffhäuser der sechziger und siebziger Jahre entstanden aus verschiedenen Gründen. Einerseits waren sie technische Experimente und repräsentierten den damaligen Stand der Polymertechnik, andererseits versuchten sie die tradierten Wege des Wohnens zu verlassen und neue Formen in architektonischer und gesellschaftlicher Hinsicht zu finden. Im wesentlichen wird in diesen Projekten die Umbruchstimmung der sechziger und siebziger Jahre formuliert. Diese Gebäude waren – wie auch viele andere Ideen aus den siebziger Jahren – ihrer Zeit voraus. So konnten die ungewöhnlichen Materialien und Formen die wenigsten Bauherren überzeugen.“ [Ludwig, 1998, 134] Da Matthias Ludwig nur wenige experimentelle

Wohn-, Zweithäuser und Raumzellen aufgenommen hat, beziehungsweise diese nicht detailliert analysierte, kommt er zu folgender, Falschaussage: „Manche technischen Entwicklungen steckten noch in den Kinderschuhen, die Verarbeitungsqualität der Kunststoffteile war noch ungenügend, darüber hinaus verstanden die Architekten und Planer noch nicht restlos mit den formalen und funktionalen Aspekten des Werkstoffs umzugehen.“ [Ludwig, 1998, 134]

Die Dissertation von Thilo Hiersig *Die utopischen Architekturmodelle der 60er Jahre* [Hiersig, 1980] arbeitet den Antriebsgrund der Verwendung von Kunststoffen in der Architektur deutlich heraus. „Das neue Material wurde schnell integriert und geradezu als notwendig angesehen, um die Ablösung alter Modelle zu vollziehen. (...) Seine Verwendung wurde fast eine ideologische Frage. Der neue Werkstoff stand einfach vor Augen, und er 'mußte' verwendet werden.“ [Hiersig, 1980, 52] Die Raumzellen sind seiner Aussage nach eine eindeutige Neuerung der technologischen Utopien [Hiersig, 1980, 105]. Seine Ausführungen sind daher in das Kapitel 5.6 *Stadtstrukturen* eingeflossen.

1.2 Quellen

Die in dieser Dissertation vorgestellten Projekte wurden in europäischen und U.S. Amerikanischen Zeitungen und Büchern publiziert. Realisierte Bauten, die nicht veröffentlicht wurden sind nicht auffindbar gewesen. Daher kann kein Anspruch auf Vollständigkeit des Kataloges erhoben werden. Als fehlendes Beispiel sei eine sehr gelungene, inzwischen aber stark renovierungsbedürftige Überdachung über der Metrostation Amendola-Fiera der Linie 1 in Mailand, Italien genannt, deren Baujahr und Architekt/Ingenieur nicht bekannt sind.



Überdachung der Metrostation Amendola-Fiera, Linie 1, Mailand, Italien

[Voigt, 2006]

Die in der Literatur veröffentlichten Kunststoffbauten mußten einer genauen Prüfung unterzogen werden, da diese Dissertation den glasfaserverstärkten Polyester behandelt. Die Unterlagen sind oftmals ungenau und unvollständig, besonders was Konstruktion, Herstellungstechnik und Verbindungstechnik angeht. Es wurden nur eindeutig aus GFK bestehende Bauten aufgenommen. Zudem wurden nur neuentwickelte Konstruktionen aufgeführt. Die in Serien produzierten Gebäudehüllen, Wohn- und Zweithäuser wurden über mehrere Jahre hergestellt. Genaue Angaben liegen aber nur für einzelne im deutschsprachigen Raum entwickelte Bauten vor. Die zahlreichen Varianten der Radome sind beispielsweise bis heute weltweit zu Hunderttausenden gebaut worden. Es wäre müßig, diese alle aufzuzählen.

Der Schwerpunkt dieser Dissertation liegt auf den Entwicklungen Europas und der USA. Aus anderen Kontinenten sind zwar einzelne Realisationen bekannt, Hintergründe über Architekturdebatten, Forschungsvereinigungen, Verbindungen zwischen Staat, Firmen und den Pionieren standen aber nicht zur Verfügung. Das IBK hat Dank ihrer weltweiten Kontakte eine Vielzahl internationaler Neuentwicklungen und Forschungsstände publiziert. Dank Ihnen kann man sich ein Bild über die weltweite Verbreitung, den Wissensaustausch der Pioniere und der zeitlichen Entwicklung der GFK-Bauten machen.

Kunststoffbauten wurden vorwiegend in Kunststoff-Fachzeitschriften, wie *Kunststoffe* (1911ff.) der BRD, *Plastic Industrie* in Großbritannien, *Modern Plastics* in den USA veröffentlicht. Entwicklungen der Kunststoff-Architektur Frankreichs wurden speziell in der *Plastiques Batiment* und der *technique & Architecture* (1953ff.) besprochen. Das Institut für Bauen mit Kunststoffen der BRD versorgte ab 1958 den interessierten Leser in dem eingefügten Abschnitt *Bauen mit Kunststoffen* (1958-1989) der Fachzeitschrift *plasticconstruction* (1971-1977 danach innerhalb der *Kunststoffe im Bau* (1965-1985)) mit Grundlagenwissen und Anwendungsbeispielen für den gesamten Kunststoffmarkt. Die Zeitschrift selbst veröffentlichte über die gesamte Pionierzeit hinweg neueste Realisationen und technische Berichte. Anfang der 1970er Jahre wurden Konstruktionszeichnungen von vorbildhaften Projekten in der *plasticconstruction* publiziert. Aber auch Architekturzeitschriften veröffentlichten neueste vielversprechende Kunststoffbauten. Zum Beispiel informierte die deutsch/schweizerische *Bauen + Wohnen* (1946ff.) besonders während der ersten Phase des Bauens mit GFK über die in den USA, Frankreich und der BRD realisierten Kunststoffhäuser. In Frankreich ist es die *L'architecture d'aujourd'hui* (1949ff.), die über die gesamte Zeit hinweg immer wieder Projekte und Forscher auf dem Gebiet der Kunststoffe vorstellt, zum Beispiel Z. S. Makowski und Renzo Piano. In Deutschland erwacht das Interesse der Architekturzeitschriften mit dem Biberacher Kunststoffhaus 1965 [1965/02]. Amtor Schwabe veröffentlicht 1968 erstmals einen Überblick über die bis dahin realisierten Kunststoffhäuser und Raumzellen in der *Architektur & Wohnform* Heft 9. Die Zeitschriften *Der Architekt*, *Bauwelt* und die *deutsche bauzeitung (db)* berichteten ebenfalls über besonders auffällige GFK-Bauten. In der Mehrzahl sind es aber nur kurze Notizen. Erst mit den vielbeachteten Kunststoffhäusern Bulle Six Coque [1967/09], Futuro [1968/05] und Rondo [1969/09] und der Internationalen Kunststoffhaus-Ausstellung IKA '71/72 in Lüdenscheid (BRD) erfolgt eine Debatte über bisher entwickelte Kunststoffhäuser. Leider werden aber bedeutende Projekte des Ingenieurbaus, wie der Ausstellungspavillon „Les échanges“ der Expo Lausanne [1964/07] oder die Markthallenüberdachungen innerhalb Frankreichs [1961/06] nur in Fachzeitschriften erwähnt. Für den deutschsprachigen Architekten, der nicht die Kunststoff-Fachzeitschriften sichtet, ergibt sich also ein verschobenes Bild von dem Entwicklungsstand und auch von den Möglichkeiten des Bauens mit GFK. Während der gesamten zweiten Phase (1960 bis 1972) wird er im Glauben belassen, daß es nach wie vor nicht möglich wäre wirtschaftlich erfolgreich mit GFK zu bauen, was aber durch die Überdachung des Marktes in Argenteuil und de Fontenay aux Roses, Frankreich [1967/12] von Stephane DuChâteau bewiesen wurde.

Gleichzeitig mit dem Ende der Hochphase des Bauens mit Kunststoffen erschien 1973 *Bauen mit Kunststoffen*, herausgegeben von Hansjürgen Saechtling (IBK). Die Publikation informiert umfassend über technische Grundlagen und Realisationen mit Kunststoffen und widmet den glasfaserverstärkten Kunststoffen mehrere Abschnitte. Arthur Quarmby's Veröffentlichung *The Plastics Architect* von 1974 informiert speziell über die Britische Kunststoff-Architektur aus der Sicht eines technisch und künstlerisch interessierten Architekten. Detaillierte Informationen und Zeichnungen zu einzelnen Projekten werden heute in Sammelwerken über das Lebenswerk einzelner Architekten und Ingenieure veröffentlicht, zum Beispiel in *Das Erlebnis Ingenieur zu sein* von Heinz Hossdorf [Hossdorf, 2003]. Dank der Sichtung von Privatarchiven beziehungsweise der Zusage von Unterlagen durch Pioniere des Bauens mit Kunststoffen und Stadtbauämtern gründet sich diese Dissertation auf Unterlagen, die nur wenigen Personen der Pionierzeit in diesem Umfang zur Verfügung standen. Vielleicht waren es auch nur zwei: Amtor Schwabe und Hansjürgen Saechtling, die sich als fleißige Sammler jeglicher Veröffentlichungen hervortaten. Das Archiv des IBK stellte sich daher auch als wahre Fundgrube heraus.

Natürlich wurden noch lebende Pioniere kontaktiert. Ihre Eindrücke und Erinnerungen an diese Zeit sind speziell innerhalb in das Kapitel 2. *Die Pionierphasen* eingeflossen.

1.3 Die Tragwerksformen

Aufgrund der Materialeigenschaften (siehe *Anhang*) wurde das GFK für Flächentragwerke wie Schalen, Faltwerke und hyperbolische Paraboloidflächen genutzt. Bis 1959 wurden alle grundsätzlichen Arten von Flächentragwerken mit GFK realisiert. Diese Konstruktionsprinzipien wurden aber bereits vor dem Zweiten Weltkrieg von Ingenieuren mit dem Baustoff Stahlbeton entwickelt. Die geodätische Kuppel ist das einzige Tragwerksprinzip, welches erst in den 1950er Jahren von Buckminster Fuller für alle Baustoffe entwickelt wurde [Krausse, 1998].

„Obwohl seit dieser Zeit Schalenkonstruktionen im Ingenieurbau Anwendung fanden, nahm die Architektur keine Notiz davon. Das ästhetische Ideal der zwanziger Jahre war der von ebenen Flächen begrenzte Quader, war der Raum, der auf einem orthogonalen Bezugssystem aufgebaut war – für Schalenkonstruktionen mit ihren doppelt gekrümmten Flächen war kein Platz. Auch in den dreißiger Jahren – in der Phase des Regionalismus in der Modernen Architektur (...) – waren Schalenkonstruktionen wenig gefragt, obwohl sich bereits während dieser Zeit die ersten Veränderungen der bisher gültigen Raumbegriffe andeuteten. (...) Es ist wenig bekannt, daß fast alle der heute verwendeten Konstruktionsformen bereits in den zwanziger Jahren entwickelt worden waren. Selbst Schalen in Form hyperbolischer Paraboloiden, die zumeist als eine Entdeckung unserer Zeit (1962, Anm. d. Verf.) betrachtet werden, wurden bereits seit 1934 verwendet. Diese Entwicklung ist einem kleinen Kreis von Ingenieuren zu verdanken, die, mit dem Ziel aller Konstrukteure vor Augen, Raum mit einem Minimum an Material zu überspannen, Neuland entdecken.“

[Joedicke, 1962, 10-11]

An dieser Stelle möchte ich auf die Dissertation meiner Kollegin Elke Genzel verweisen, die sich eingehend *Zur Geschichte der Konstruktionen und der Bemessung von Tragwerken des Hochbaus aus faserverstärkten Kunststoffen 1950 - 1980* äußert.

1.4 Die Geschichtliche Entwicklung der Baumaterialien

Erst der Vergleich mit den tradierten, aber auch den neuen Materialien, die 1940 bis 1980 auf dem Markt waren und die Architektur prägten, ermöglicht eine reale Einordnung der GFK-Bauten. Der Blick auf die Entwicklungsgeschichte anderer Materialien, ihrer Ausbreitung oder Rückschritte lassen Rückschlüsse auf die Pionierphase der GFK zu (siehe *Anhang 9.6 Architekturgeschichte Materialien*).

Der Mensch suchte schon immer nach Materialien, die er zur Umsetzung seiner Ideen und nach seinen Ansprüchen einsetzen kann. Die Entwicklung des Bauwesens ist daher eng verknüpft mit der Entwicklung der Baustoffe. Diese hängen wiederum von den Herstellungstechniken und den wirtschaftlichen Absatzmöglichkeiten ab, vom Bedarf, von der politischen Förderung und von einzelnen Menschen, die zur rechten Zeit die entscheidenden Erfindungen machten. So werden Entwicklungsschritte immer dann verzeichnet, wenn sich Profit erwirtschaften läßt. Der Handel mit den Rohstoffen und die Lage und Kapazität der Lagerstätten ist für den aktuellen Rohstoffpreis ausschlaggebend, und der entscheidet, welches Material sich für eine Bauaufgabe durchsetzen wird. Beispielsweise führten die geringen Kapazitäten von Naturstein innerhalb Europas und deren kostenintensiver Abbruch zu einem Rückgang desselben und der Hinwendung zu dem Bauen mit Ziegelsteinen. Denn dessen industrielle Herstellung war von natürlichen Lagerstätten unabhängig.

Der Entstehen und Ausbreitung der Eisenarchitektur und somit der Gründung der Ingenieurbauten liegt das industrielle Herstellungsverfahren des Verkoksens (um 1750) zugrunde. Der konstruktive Einsatz von Glas als tragenden Baustoff innerhalb einer Eisenkonstruktion basiert auf dem Wunsch, das Haupttragwerk aus Eisen zu verjüngen und dieses kostenintensive Material sparsam einzusetzen.

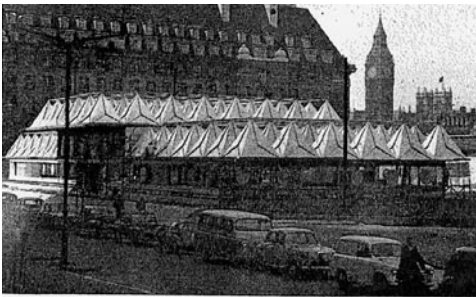
Technische Entwicklungen können durch die Politik bewußt behindert beziehungsweise gefördert werden. Als Beispiel sei hier die Luxussteuer auf große Glasscheiben aufgeführt, die erst 1845 aufgehoben wurde.

Man erkennt: Ökonomische Belange waren für den betreffenden Baueinsatz ausschlaggebender als die Materialeigenschaften.

Je nachdem welche Architekturströmung sich herauskristallisiert aber auch welche finanziellen Möglichkeiten der private oder öffentliche Bauherr hat, geben Architekten und Ingenieure dieser oder jener Bauweise den Vorzug und somit auch diesem oder jenem vorhandenen Material. Es ist ihnen nicht möglich, ein Material neu zu erfinden, sie können lediglich vorhandenes modifizieren und weiterentwickeln. Besonders gut ist dies am Ziegelstein zu erkennen. Seine Materialeigenschaften und Formen wurden je nach den Ansprüchen und Wünschen der Baumeister geprägt. Selbst formenreiche Ausprägungen des Barock und die gleichzeitig angestrebten einheitlichen, möglichst glatten, fugenfreien Flächen konnten mit einem eigens entwickelten weichen Ziegel realisiert werden.

Über die Jahrhunderte und letzten Jahrzehnte konnten Architekten und Ingenieure ihre Vorstellungen immer besser und perfekter umsetzen. Ein großer Fortschritt für Tragwerke und freie Formen der Architektur war die Entwicklung des Betons, speziell des Stahlbetons. Dieser entstammte dem Wunsch nach einem verbesserten Mörtel. Der Beton, als Weiterentwicklung des künstlichen Steins ermöglicht den Ingenieuren und Architekten, ihre Phantasien skulpturaler Gebäuden und ihren Wünschen nach größeren Spannweiten zu realisieren. Das Kapitel 5. *Die Architektur / Formfindung* verdeutlicht, daß die Kunststoffe, speziell die glasfaserverstärkten, für die reichhaltige Formenvielfalt der Architektur der 1960 bis 1970er Jahre verantwortlich ist.

Mit der Einführung des Eisens in die Architektur verschärfte sich im 19. Jahrhundert die Konkurrenz der Materialhersteller untereinander. Nach dem Zweiten Weltkrieg sind erstmals alle auch heute gebräuchlichen Materialien auf dem Bauplatz. Eine starke Konkurrenz besteht zum Beispiel zwischen Aluminium und GFK, da beide Baustoffe jung, leicht und in Flächentragwerken einsetzbar sind. Allerdings läßt sich dieser Wettbewerb in den Veröffentlichungen nicht nachweisen, er kann lediglich in den realisierten Konstruktionen abgelesen werden, beispielsweise in der ähnlichen Entwicklung als Fassadenelemente, Überdachungen oder als Kugelhaus. Der Vorteil des Aluminiums liegt in der Brandsicherheit, hat aber den Nachteil, daß es immer gleich aussah. Um dem entgegenzuwirken, wurden Aluminium-Fassadenplatten zum Beispiel mit farbigen Kunststoff-Folien beschichtet. 1969 nutzte Verner Panton diese für die Innenausstattung des Spiegel-Verlagshauses in Hamburg.



Überdachung der Tagungsleitung, London 1962
von Z.S. Makowski [David, 1962]



Aluminium-Kugelhaus von R. Walter
[Walter, 1957]



Lobby des Spiegel-Verlagshauses,
Hamburg 1969, Verner Panton
[Vegesack, 2000, 191]

Diese Konkurrenz zwischen beiden Materialien förderte die Entwicklung der Kunststoffe als Baumaterialien, innerhalb der Architekturdebatte sollte ihr aber nicht zu viel Gewicht beigemessen werden. Letztendlich liegt die Entscheidung für den Einsatz eines Materials bei dem Architekten und dem Bauherrn. Baurechtliche Zulassungen sind eine weitere Einflußgröße. Die Bauindustrie muß sich bemühen, und dies wird innerhalb der Entwicklung des Bauens mit GFK deutlich, daß ihre Produkte die baurechtlichen Sicherheitsbestimmungen erfüllen und somit baurechtlich anerkannt werden. Mit dem Aufkommen der Kunststoffe zeigt sich erstmals, daß die politische Gesetzgebung, speziell der BRD, sich zu träge gegenüber der sich schnell entwickelnden Technologie verhält (siehe Kapitel 2.2 *Die 3. Phase (1973 - 1980)*).

Stein, Ziegel, Holz, Beton, Glas, Stahl und Blech, Aluminium und faserverstärkte Kunststoffe (FVK) sind heute als konstruktive Materialien bekannt. Es kommt nicht von ungefähr, daß sich Architekten und Ingenieure auf bestimmte Materialien festlegen. Dies hat vor allem mit der persönlichen Einstellung und Prägung zu tun. Aufgrund der Vielzahl an Tragwerken (Rahmen- und Skelettbau, Schale, Faltwerk, Tafelbauweise) ist eine Spezialisierung notwendig. Schwer haben es Materialien und Konstruktionen, die nicht weit verbreitet sind und ein allgemein bekannter Wissensstand über Eigenschaften und Verhalten daher nicht vorhanden ist. Fachleute für Betonschalen sind genauso rar wie für Kunststoffschalen und meist sind es auch heute diejenigen Personen, die zu den Pionieren des Schalen- und Kunststoffbaus gezählt werden, so wie Heinz Isler und Ulrich Müther.

Holz und Stein und die sich daraus weiterentwickelten modernen Baustoffe wie Faserplatten und Beton gründen auf jahrhundertealtem Wissen und Verständnis und einem sich daraus resultierendes Gespür. Hingegen muß der Umgang mit leichten Flächentragwerken aus Kunststoffen von den Architekten und Ingenieuren auch in heutiger Zeit immer erst erlernt werden.

Vorurteile aufgrund ungenauer Bezeichnungen innerhalb der Pionierzeit konnten sich ausbreiten und bestehen bis heute. Wesentliche Unterschiede zwischen den Gruppen der Kunststoffe, grundlegende Unterschiede in der Verarbeitung, der Konstruktion und der Nutzung zum Beispiel von PVC oder GFK sind nur Spezialisten bekannt. Daß gerundete Ecken materialbedingte Details für GFK-Elemente sind und nicht modische Erscheinungen, ist nur einer Minderheit der Architekten und Designer bekannt. Indem die Projekte der Pionierzeit einer breiten Masse bekannt gemacht werden, ihre technischen und architektonischen Besonderheiten aufgezeigt werden, können diese Vorurteile aus dem Weg geräumt werden. Dies macht den Weg frei für eine neue Phase des Bauens mit faserverstärkten Kunststoffen.

2. Die Pionierphasen

Die gesamte Pionierphase gliedert sich in drei Unterphasen. Sie sind nach dem Forschungsstand und der Ausbreitung der Realisationen definiert worden. Die erste Phase, der Beginn des Bauens mit GFK, beginnt mit der Entwicklung der glasfaserverstärkten Kunststoffe 1942 und geht bis 1959. In dieser Zeit wurden das Material und die Herstellungstechnologien entwickelt und erste Anwendungsgebiete im Bauwesen gefunden. Die entstandenen Bauten zeugen von einem großen Aufwand an Forschung. Die zweite Phase von 1960 bis 1972 ist die Hochphase des Bauens mit GFK. In dieser waren die glasfaserverstärkten Kunststoffe im Bauwesen akzeptiert und bereits grundlegend erforscht. Der Schwerpunkt lag im Finden von Anwendungsgebieten und Konstruktionsvarianten. Da diese Zeit gleichzeitig eine der architektonischen Umbrüche ist, beziehen Architekten das Bauen mit GFK in die Diskussionen und Umstrukturierungen des Bauwesens und der Städte mit ein. Die letzte Phase von 1973 bis 1980 ist das Ende der Pionierzeit. Sie wurde durch die Wirtschaftskrise und das Ölembargo eingeläutet. Der starke Rückgang an Neuentwicklungen bis hin zu deren vollständigem Ausbleiben darf aber nicht über die hier nochmals erreichten Qualitäten hinwegtäuschen.

2.1 1. Phase 1942-1959

Anfänglich dienten Kunststoffe als Ersatz für seltene und daher teure Naturprodukte. Durch die Entwicklung zahlreicher verschiedener Kunststoffarten bildeten sie aber schnell ihre Selbstständigkeit heraus. Wurde zum Beispiel das Bakelit zunächst als Ersatz für das Horn für Billardkugeln eingesetzt, verwendete man es schon bald als Gehäuse neuer Elektrogeräte und für Geschirr. Die Thermo- und Duroplasten (siehe Anhang 9.1 *Kunststoffe*) wurden durch die chemische Industrie in Produkte mit hoher Qualität und einer Gütesicherung eingesetzt, um dessen Produkte gegenüber traditionellen Materialien langfristig konkurrenzfähig zu nutzen. Die Vorteile von Kunststoffen für Gebrauchsgüter waren ihre Leichtigkeit und Färbbarkeit, sie machten weniger Lärm und rosteten nicht [Schleede, 1974].

Tischmikrophon, 1940
Tischleuchte No. 114, 1939
Radioempfangsgerät Ecko AD 65, 1934
[Hufnagl, 1997, 50-51]



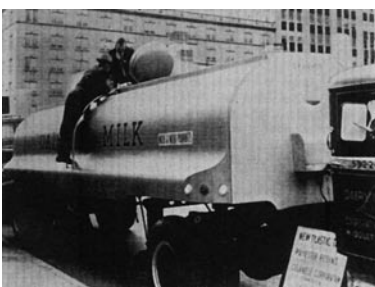
Eine wichtige Komponente stellte die Entwicklung verschiedener Holz-Leime dar, die für die Herstellung von Sperrholz (verleimtes Furnierholz) wichtig waren [Seraphin, 2003]. Sperrholz wurde als tragendes leichtes Material im Flugzeug- und Luftschiffbau verwendet. Als Ersatz für die bisher aus Naturprodukten gewonnenen Leime konnte 1933 das gegenüber Wasser und Chemikalien widerstandsfähigere Polyesterharz, ein Duroplast von Carleton Ellis, in den USA entwickelt werden [www.plastiquarian.com]. Zusammen mit den ab 1935 industriell hergestellten Glasfasern (Owens-Corning Fiberglas Corporation, USA) erfolgte 1942 die technische Entwicklung des glasfaserverstärkten Polyesters durch die US. Rubber Company [Hufnagl, 1997]. Glasfaserverstärkte Kunststoffe wurden als zugfester und leichter Materialverbund von Beginn an materialgerecht in leichten Flächentragwerken genutzt. Bereits 1943 wurde GFK in den USA im Flugzeugbau für die Herstellung von Sandwichbauteilen mit einem Balsaholzkern [Ehrenstein, 1992] und für Radome von Flugzeugen verwendet [www.plastiquarian.com/unsatura]. Außerdem wurden 1947 drei Autokarosserien für das kombinierte Flugzeugauto Convair Car, USA, hergestellt [1947/01]. Dies ist eine unglaubliche Geschwindigkeit. Von der Erfindung bis zur Produktionsreife dauerte es beispielsweise bei der Wiederentdeckung des

sogenannten römischen Betons 80 Jahre, bei dem heutigen Beton aus Portlandzement 30 Jahre, bei Aluminium 37 Jahre (siehe Anhang 9.7 *Bauten der Architekturgeschichte*).

Mit der Entwicklung des glasfaserverstärkten Kunststoffes 1942 begann die erste Phase des Bauens mit GFK. (Grundlagen siehe Anhang 9.2 *Die Glasfaserverstärkten Kunststoffe*). Sie war zunächst davon gekennzeichnet, die GFK auf einen im Vergleich zu anderen Baustoffen gleichen Stand zu bringen und dessen Einsatzmöglichkeiten in Abstimmung mit den stofflichen Anforderungen, zum Beispiel Witterungsbeständigkeit und Brennbarkeit zu erforschen. Die chemische Industrie nutzte die Zeit, den Baustoff zu einem leistungs- und widerstandsfähigen Material zu entwickeln, es zu erproben und technische Richtlinien einzuführen und ihn mit gleichbleibend hoher Qualität zu produzieren. Herstellungstechniken für eine industrielle Produktion wurden getestet und eingesetzt. Der Bedarf an GFK im militärischen Bereich zum Beispiel für Radarkuppeln als Kuppelschalen, welche vorher aus verleimtem Sperrholz hergestellt wurden [Sonnefeld, 1954, 159] führte zu einer rasanten Entwicklung und Verbreitung dieses Materials. Der Aufbau einer leistungsstarken Industrie für den Boots- und Fahrzeugbau, speziell für die Herstellung von Tanks, ließ den Wunsch aufkommen, GFK in das wirtschaftsstarke Bauwesen einzuführen.

In Großbritannien nahm die Entwicklung von Bauwerken aus Kunststoffen bereits während des zweiten Weltkrieges seinen Anfang [Quarmby, 1974, 44-45]. Laut Arthur Quarmby, einem Architekten, der von 1959 bis 1961 in der Forschungsgruppe der British Railways arbeitete [Quarmby, 2005], war der Ansatzpunkt der Forschungsgruppen der eklatante Mangel an traditionellem Baumaterial während des Zweiten Weltkrieges. Ihre Vorschläge beschränkten sich jedoch allzu oft auf den Ersatz traditioneller Werkstoffe durch Kunststoffe im Ausbaubereich. Sie befaßten sich mit Verkleidungspaneelen, Fensterrahmen, Lichtpaneelen, Treppensystemen und kleineren Bauteilen, wie Lamellen von Rollläden. Im Gegensatz dazu arbeiteten Sam Burton und T. Warnett Kennedy in der Building Plastics Research Corporation in Glasgow an Vorschlägen für die Entwicklung einer Industrie zur Vorfabrikation von Kunststoffhäusern. Sie bemerkten, daß nicht nur Grundlagenarbeit für die korrekte Ausnutzung des Materials notwendig war, sondern erkannten auch den riesigen internationalen Bedarf an Wohnraum nach Ende des Krieges als Potential für die Einführung neuer Haustypen. Bereits 1941 entwickelte die Forschungsgruppe Vorschläge für schnell aufzubauende flexible Haustypen, basierend auf dem Gebrauch von Standard-Kunststoffpaneelen als Außenhaut und als tragendes System. Sie erarbeiteten präzise Verbindungsdetails und eine feste Innen- und Außenausstattung inklusive der Sanitärzelle und der Fenster. In Zusammenarbeit mit der Industrie wurden die ersten Schritte zur Realisierung unternommen: Die Herstellung von Bauteilen sollte koordiniert werden, und eine zu gründende Herstellerfirma sollte Abwicklung und Überwachung der Montage übernehmen [Quarmby, 1974, 45]. Leider ist es nicht gelungen präzisere Planungsunterlagen über diese erste in Europa tätige Forschungsgruppe für das Bauen mit Kunststoffen ausfindig zu machen, weiterhin ist nicht bekannt, mit welchem speziellem Kunststoff sie ihre Bauten planten.

Verschiedene Forschungsgruppen der chemischen Industrie widmeten sich den glasfaserverstärkten Kunststoffen und schufen so innerhalb der ersten 17 Jahre einen einsatzfähigen, leistungsstarken Baustoff für tragende Konstruktionen in absatzstarken Bereichen des Boots- und Fahrzeugbaus. Für die industrielle Produktion von Bootsrümpfen und LKW-Tanks für verschiedenste Flüssigkeiten und Gase oder als Kühlboxen entwickelte sich ein eigener Industriezweig (Herstellungsarten siehe Anhang 9.3 *Die Herstellungstechniken*).



Tanklaster für Milch der Firma Celanes Corp., USA
Unterboden der Chevrolet Corvette, USA

[Sonneborn, 1954, 3, 11]

In der 1954 erschienen Publikation von R. H. Sonneborn kann man verschiedenste Beispiele dieser industriellen Anwendungen finden. Hier ist ebenso die 1953 auf den Markt gekommene erste kommerziell hergestellte GFK-Karosserie des Chevrolet Corvette abgebildet [Sonneborn, 1954, 11].

„Wegen ihres geringen Gewichts (185 Pfund) sparte man ein Vermögen an Benzin, Öl und Reifen. Aber das Eindrucksvollste war die Festigkeit dieser Hülle. Man konnte sie á la Henry Ford mit dem Hammer bearbeiten, trotzdem beulte sie nicht ein, riß nicht, und nichts platzte ab. Von einem seitlichen Aufprall gegen eine Kiefer (bei 40 km/h) trug der Kotflügel einen vierzehn Zoll langen Haarriß davon.“

[Fenichell, 1997, 283]

Etwa ab 1950 versuchten US. amerikanische und europäische Chemiefirmen auf dem Baumarkt Fuß zu fassen. In Europa herrschte aufgrund der Zerstörung während des Zweiten Weltkrieges ein großer Bedarf an Wohnraum (allein in der BRD 4,9 Millionen Wohneinheiten [Ludwig, 1998, 62]), aber auch an Industriebauten, Büroflächen und öffentlichen Einrichtungen. Den Architekten und Ingenieuren standen für den Aufbau nun wieder alle Materialien zur Verfügung, denn die Produktion aller Baustoffe war wieder angelaufen und auf eine ausreichende Absatzmenge gebracht worden. Die Neuverteilung des Marktes heizte die starke Konkurrenz der Materialhersteller auf, denn erstmals existierten alle heute als konventionell bezeichneten Materialien in weit fortgeschrittener Form, technologisch gereift und konstruktiv einsetzbar. Der Machtkampf zwischen den Befürwortern des Holz-, Stein- oder Betonhauses und dem Kunststoffhaus hält bis heute an und wird nach wie vor mit Vorurteilen, Halbwissen und veralteten Ansichten geführt. Schon 1955 gründete sich in den USA innerhalb der Society of the Plastic Industry (SPI) eine Beratungskommission für die Gesetzgebung, welche die Gegner des Einsatzes von Kunststoffen in Bauwerken umstimmen wollte. Aber es gab es damals noch keine Referenzbauten, an denen das Verhalten von Kunststoffkonstruktionen gegenüber den äußeren Einflüssen über einen längeren Zeitraum hätte beobachten und gemessen werden können. Das Monsanto House [1957/01] des Massachusetts Institute of Technology (MIT) sollte dieser Prototyp sein. Es diente der Präsentation der neuen Werkstoffe, der neuen Technik und Möglichkeiten [Dietz, Final Report, 1957].

Neben der sehr jungen Kunststoffindustrie suchten auch die Stahl- und Aluminiumindustrie zivile Absatzmärkte im Bauwesen. Die Siegermächte förderten den friedlichen Einsatz der technisch hoch entwickelten Stahlindustrie. Eisenhäuser in Tafelbauweise, die in England bereits seit einhundert Jahren für den Export produziert wurden, wurden jetzt auch von deutschen Firmen für den europäischen Markt entwickelt [Ludwig, 1998, 66-72].

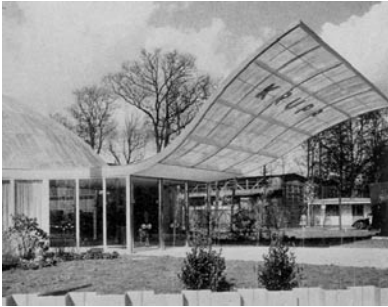
M.A.N.-Stahlhaus, Hannover, BRD, seit 1950
Mindestabmessung 8 m x 8 m

[Ludwig, 1998, 67]



Allerdings konnte die Stahlindustrie, genau wie die des Aluminiums, keinen dauerhaften Absatzmarkt für Gebäudehüllen finden. Sicherer war der Einsatz des Stahls als Skelett für die Stahl/Glas-Architektur oder als Bewehrung für den Stahlbeton. Aluminium hingegen setzte sich als Material für Fensterrahmen, Fassadenplatten und für leichte Konstruktionen für Flugzeuge und Automobile durch [Schäfer, 1999]. Aufgrund der ähnlichen Einsatzgebiete ist das Aluminium ein starker Konkurrent für die Kunststoffe im Bauwesen, wie dem GFK und PVC.

Nach dem Zweiten Weltkrieg suchten alle Materialhersteller zivile Anwendungen, um ihre Produktionskapazitäten erhalten und erweitern zu können. Auch die Chemische Industrie propagierte ihre neuen Anwendungen sehr stark in der Fach- und Allgemeinen Presse. Ein regelrechter Boom an zivilen Nutzungen aller Kunststoffe überschwemmte die Märkte. Die freieren Formmöglichkeiten des GFK, die Wasserdichtigkeit, aber vor allem die freie Einfärbbarkeit machte ihn in den 1950er Jahren für Bastler in den USA, speziell in Kalifornien, interessant, die ihre Surfbretter, Bootsrümpfe oder 'hübschen kleinen Go-Karts' selbst herstellten [Fenichell, 1997, 282]. In Deutschland begann die Verbreitung des GFK mit der industriellen Herstellung des Polyesterharzes 1950 [Hufnagl, 1997]. Hier war es vor allem der Bootsbau und der Einsatz der Wellplatte als Überdachung und Fassade, die den GFK-Absatz rapide ansteigen ließ.



Messestand in Hannover, Straßencafe in Berlin, Tanzbar in Berlin

[Saechtling, 1959, 150, 339, 319]

Die Aufbruchstimmung der 1950er Jahre brachte einen unvergleichlichen Optimismus mit sich, der sich innerhalb der Gesellschaft in der Mode, im Design und in der Architektur ablesen ließ. Vor allem der Umgang mit farbigen, organischen Formen schien die Zeit des Krieges vergessen lassen zu wollen. Die Verwendung der farbenfrohen, leichten Kunststoffe spiegelt diese Fröhlichkeit wieder. Die Werbung suggerierte ein glückliches, sorgenfreies Leben durch die verschiedenen Ausstattungs- und Technikgegenstände und Inneneinrichtungen aus Kunststoff. Es ist nur natürlich, daß sich diese Aufgeschlossenheit, die sich durch die rapide ansteigenden Produktionszahlen der Kunststoffhersteller nachvollziehen läßt, sich auch auf die sich ausbreitenden glasfaserverstärkten Kunststoffe übertrug. Schnell erkannten Ingenieure und Architekten aber auch Hersteller und Handwerker, daß die Formmöglichkeiten und das vielfältige Erscheinungsbild, vor allem die Transluzenz des GFK, die die Räume in ein helles, warmes Licht taucht, eine neue freundliche Architektur schaffen ließ, die den Optimismus in der Architektur erlebbar machte. Kunststoffe in allen Variationen war das Hauptmaterial aller Aussteller, beispielsweise der Weltausstellung in Brüssel 1958.

Der glasfaserverstärkte Kunststoff wurde innerhalb des Bauwesens zunächst als Plattenwerkstoff für Sandwichplatten, als Wellplatte (1951) und für Oberlichter genutzt. Die Entwicklung von industriell gefertigten Gartenschwimmbädern ab 1956 in den USA stellt einen weiteren Schritt in der Herstellung dreidimensionaler GFK-Elemente als wirtschaftlich erfolgreiche in Serie produzierte Konstruktionen dar. Die chemische Industrie und die Hersteller suchten neue Aufgabenfelder und sprachen zu Beginn der 1950er Jahre Architekten und Ingenieure innerhalb der Universitäten für eine Zusammenarbeit an. Diese waren bereits auf das neue vielversprechende frei formbare Material aufmerksam geworden. Im Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA gab es bereits eine Forschungsabteilung zur Untersuchung von Konstruktionen mit GFK [Dietz, Final Report, 1957]. Die fruchtbare Zusammenarbeit zwischen Universität und Industrie wird durch die Projekte des MIT, des Monsanto House [1957/01] und der Elementary School [1959/06] verdeutlicht. In Frankreich wurden die ersten GFK-Bauten ebenfalls durch die Unterstützung der Industrie realisiert. Partner war hier eine eigenständig arbeitende interdisziplinäre Gruppe um Ionel Schein. Auch in den Ostblockstaaten gab es Bestrebungen die Kunststoffe für das Bauwesen einzusetzen. A. Bukov war in der UdSSR der erste, der Entwicklungen von anisotropen GFK in den 1950er Jahren förderte. Er entwarf ein dreigeschossiges Kunststoffgebäude mit GFK-Elementen [Ajrapetov, 1986, 216].

Die Überzeugungsarbeit für den Einsatz von glasfaserverstärktem Kunststoff als tragendes Material mußte auf dem Gebiet der Anwendungen erfolgen. Diese praktische Orientierung ist auch in den Texten und Erläuterungen der Pioniere zu spüren. Keine theoretischen konzeptionellen Herleitungen sind Grundlagen ihrer Bauwerke, sondern einfache Erfahrungen anhand der Untersuchungen an Modellen. Denn es mußte der Beweis angetreten werden, daß Bauten aus GFK voll einsatzfähig und standsicher sind. Vor allem aber, daß sie gebraucht wurden. Die Pioniere waren sich sicher, daß die Kunststoffe die Architektur in ein neues Zeitalter der Industrialisierung des Bauens voranbringen.

Innerhalb von Veröffentlichungen ist ein gewisser Überschwang und Optimismus zu spüren.

„Die Voraussage ist wohl berechtigt, daß die systematische Erforschung der Anwendungsmöglichkeiten für Kunststoffe im Bauwesen noch eine sehr ausgedehnte Entwicklung dieses Gebietes erwarten läßt. Ja, manche Fachleute prophezeien sogar eine revolutionierende Umwälzung im Bauwesen durch die Kunststoffe.“ [Saechtling, 1959, 9]

Aber bereits 1954 brachte Hiram McCann zum Ausdruck: „Es ist bekannt, daß dieses neue strukturelle Material nicht billig ist, noch sind es die Methoden der Bearbeitung. Es ist im Vergleich zu anderen Materialien nur dann ökonomisch wettbewerbsfähig, wenn es richtig gestaltet, ausgereift und richtig produziert wurde.“ [Sonnefeld, 1954, vii] Den Fachplanern mußte der Vorzug der Kunststoffe neben den architektonischen Gesichtspunkten auch wirtschaftlich bewiesen werden. So erklärt Saechtling:

„Im Gegensatz zur ständig steigenden Tendenz der Baupreise seit 1950 sind die Preise der kunststoffverarbeitenden Industrie seit dieser Zeit sogar etwas zurückgegangen (...). Am Maßstab der Preissteigerung gemessen sind die Kunststoffe also erheblich billiger geworden. Bei der dritten Gruppe der Kunststoffe (GFK ist hier eingeordnet, Anm. d. Verf.), die teurer sind als Ausführungen in anderen Baustoffen, führt oft die Berücksichtigung besonderer Eigenschaften, wie Dauerhaftigkeit, Wegfallen der Bauunterhaltung usw., letzten Endes doch zu einem wirtschaftlichen Ergebnis. (...) Es wurde auch schon wiederholt darauf hingewiesen, daß die konsequente Ausnutzung des niederen Gewichtes der Kunststoffbauteile Vereinfachung der Tragkonstruktionen ergeben kann.“ [Saechtling, 1959, 393-395]

2.2 2. Phase 1960 – 1972

Die zweite Phase umfaßt die Suche nach einer Architekturform aus GFK, aber auch nach technischen Anwendungsgebieten. Zwischen 1960 und 1973 sind die Mehrheit der jemals realisierten GFK-Bauten entwickelt worden. Dies sind mindestens 260 verschiedene GFK-Bauwerke, 89 von ihnen wurden sogar in kleineren Serien produziert. Die Spanne reichte von kleinsten Raumzellen bis hin zu Gebäudekomplexen von 27 000 m², welche aus Hunderten von identischen GFK-Elementen aufgebaut wurden. „Kunststoffe, speziell der glasfaserverstärkte Polyester wurde nun von der Bauindustrie generell für strukturelle Anwendungen akzeptiert.“ [Huybers, 1972, 4]

Die 1960er Jahre waren für alle Kunststoffe eine Zeit der überdurchschnittlichen Zuwachsraten [Schleede, 1974, 52]. So wurden 1971 in der BRD im Bau- und Möbelsektor Kunststoff-Erzeugnisse im Wert von rund 4,5 Milliarden DM produziert [Schwabe, 1972].

Es ist aber immer noch eine Zeit der Experimente. Die Mehrzahl der entstandenen Gebäude waren für Ingenieure und Architekten Forschungsobjekte zum Thema: 'Bauen mit GFK' und 'Wohnen in einem Kunststoffhaus'.

fg 2000 Wohnhaus mit Möbelserie
von fg design
Wolfgang Feierbach, Altenstadt,
BRD

[Feierbach, Archiv]



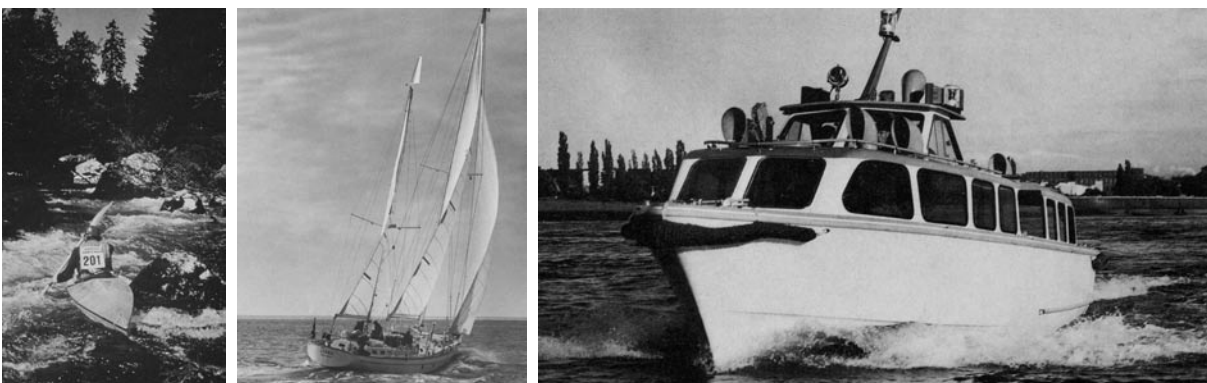
Die Ansprüche der Pioniere waren, wie schon in der ersten Phase, sehr hoch. Sie wollten materialgerechte und funktionstüchtige Architektur realisieren. Ihre Ansprüche basierten auf denen von Generationen von Baumeistern: „Legt man den allerhöchsten Maßstab zugrunde, kann man sagen, daß die erste Voraussetzung von Baukunst der vollständige Überblick über die Technologie der jeweiligen Kultur ist. Baukunst in der Vergangenheit entstand aus detaillierter Kenntnis und Beherrschung der zeitgenössischen Materialien, Zusammenhänge und Techniken.“ [Döring, 1970, 41]

Die Architekten nutzten die freien Formmöglichkeiten des GFK, um ihre Vorstellungen der neuen Architektur zu realisieren (siehe Kapitel 5. *Architektur/Formfindung*). Diejenigen, die mehrere Projekte realisierten, konnten hierbei das erlangte konstruktive Wissen in die nächsten Projekte einfließen lassen. Die Ingenieure untersuchten innerhalb zahlreicher, zu Beginn der 1960er Jahre gegründeten Forschungsgruppen die geometrischen Varianten von GFK-Tragwerken (siehe Kapitel 3.1 *Baumeister*).

Daß die Mehrzahl der Kunststoffbauten 1968 bis 1970 realisiert wurden, ist ein bekanntes Phänomen: es lag in der Luft. Dem Interesse, ja der Begeisterung der Pioniere an dem jungen Baustoff GFK, sind eine Vielzahl unterschiedlichster Bauten zu verdanken. Sie haben den glasfaserverstärkten Kunststoff selbst testen wollen, denn, wie zum Beispiel Herr Stefan Polonyi bestätigt, war GFK modern, man mußte ihn einfach verwenden [Genzel; Voigt / Polonyi, 20.04.2005]. Die Architekten erarbeiteten unabhängig voneinander eine reichhaltige Bandbreite an GFK-Bauten. Ingenieure nutzten die Erkenntnisse ihrer Vorgänger und entwickelten diese weiter. Beide Berufsgruppen standen intern und international in regem Gedankenaustausch (siehe Abschnitt *Pioniere*). Die Gründung des Institutes für Bauen mit Kunststoffen (IBK) in der BRD war die Basis für eine sich explizit mit den Kunststoffen im Bauwesen befassende internationale Plattform. Das Bauen mit GFK war Ausdruck des Fortschritts und der Leistungsfähigkeit. Dies erklärt auch, warum in allen industriell entwickelten Ländern der Welt GFK-Bauten realisiert wurden.

Das gesammelte Grundlagenwissen über das Material, dessen Herstellungstechniken und dessen Einsatzgebiete war in Fachbüchern nachlesbar. Allerdings mußte man in Kauf nehmen, gleichzeitig über alle Kunststoffe informiert zu werden. Spezielle Veröffentlichungen zu GFK waren rar. Dem interessierten Architekten wurden zwar die Entwurfsgrundlagen erläutert, Anwendungsbeispiele waren aber ohne Details oder Konstruktionspläne abgebildet. Erst Anfang der 1970er Jahre wurden einige GFK-Bauten, wie zum Beispiel das fg 2000 [1968/01] und das Flughafengebäude des Internationalen Flughafens Dubai [1971/26], detailliert veröffentlicht.

Lohnenswert war aber die Zusammenarbeit mit Bootsbauern und der Recherche ihrer Fachliteratur. Diese verfügten Mitte der 1960er Jahre über ein fundiertes Wissen über das Material und die Verarbeitung des GFK. Zudem gab es bereits 1960 in der BRD die „Vorläufigen Richtlinien für Bau und Erprobung von Kunststoffrettungsbooten“ [Empacher, 1967, 158-165], in denen auch die Materialsicherheit festgelegt wurde. „Für den Bootsbau verwendete Harze müssen seewasserbeständig, benzin- und ölfest sein. Sie sollen ferner schwer entflammbar sein.“ [Empacher, 1967, 159]



Kanu, Segelschiff und Rettungsboot aus GFK

[Böhm, 1972, 148-151]

In Europa war die Zusammenarbeit von Industrie und Architekten/Ingenieuren verbreitet. Anfänglich nutzten die Fachplaner vor allem industrielle Bauelemente, in den meisten Fällen Sandwich- und Wellplatten, aber auch eigene Entwicklungen von Sandwichbauteilen für die Serienfertigung von GFK-Projekten. Architekten, aber auch die entstehenden Fertighausfirmen, waren an der Realisierung von Kunststoffwohnhäusern interessiert. Entwicklungen in traditionellen Formen sind aus Italien, Belgien und den Niederlanden bekannt. Letztere brachten aber auch neue, GFK als dünne Außenhaut nutzende Zweithäuser auf den Markt. Ebenfalls mehr Mut bewiesen Architekten aus Frankreich und Deutschland. Im Baugeschehen Frankreichs fand GFK vor allem Verwendung in Form von Überdachungen für Märkte oder Fassaden für Schwimmhallen.

Über die Forschungslandschaft in Europa erschien 1965 in der englischen Fachzeitung *Architectural Review*: „In Frankreich sind die individuellen Forschungen bemerkenswert und werden in zahlreichen Zeitschriften veröffentlicht. Aber es besteht konstante Klage über die fehlende Unterstützung der offiziellen Stellen.“ [Kirby, 1965, 398] Für die BRD stellte David Kirby fest, daß der Staat zwar diesbezügliche Projekte an den Universitäten und der Forschung unterstützte, das Bauwesen aber keine großen Erfolge aus dieser Zusammenarbeit erzielen konnte. Seiner Meinung nach wurde das Bauwesen von zu strikten Regeln und den Bauherren behindert, die extrem konservativ eingestellt waren [Kirby, 1965, 398]. Dies bestätigte auch Heinz Hossdorf, der erwähnte, daß seine Pavillonüberdachung der Expo '64 niemals innerhalb der BRD realisiert worden wäre [Genzel / Hossdorf, 17.05.2004].

Im Gegensatz zu der Ignoranz der sich langsam gründenden Bauindustrie, die sich für den Massenwohnungsbau, Wirtschaftlichkeit und Gewinnen interessierten und nicht an optimalen Lösungen, Forschung und Zukunftsentwicklungen, stand die höhere Risikobereitschaft der privaten Firmen. Das Handwerk wußte von jeher, daß Neues entwickelt werden muß, Geld und auch Zeit benötigt werden, um Ideen umzusetzen und daß auch ungewöhnliche Ideen sich auszahlen können. Wolfgang Döring war nur einer, der die ungenügende Bauforschung in Deutschland bemängelte:

„Im Jahre 1969 wurden für Bauforschung in der BRD 2,5 Mio. DM ausgegeben, für das gesamte Bauen 85 Mrd. DM, das sind ca. 0,003 % des Bauvolumens. Demgegenüber investiert die chemische Industrie 8 % ihres Volumens in die Forschung. Oder, wie der Spiegel schrie: Das Forschungsvolumen der BRD ist knapp die Hälfte dessen, was die Tabakindustrie für Werbung ausgibt, wenn sie eine neue Zigarettenmarke auf den Markt bringt.“ [Döring, 1970, 35]

Auch innerhalb der Architektengemeinschaft war und ist die Forschung umstritten:

„Forschung auf dem Gebiet der Architektur wird vielfach mit dem Hinweis abgelehnt, daß dadurch die Fähigkeit intuitiven Gestaltens verlorengehe. Rationalität und Phantasie sind jedoch keine Gegensätze, sondern sich notwendigerweise ergänzende Fähigkeiten des Menschen. Ohne zureichende Information verliert sich die Phantasie im Phantastischen. (...) Es geht nicht um Verwissenschaftlichung der Architektur, sondern vielmehr um die Einführung wissenschaftlicher Methoden in jenen Bereichen der Architektur, die dafür zugänglich sind.“ [Joedicke, 1990, 137]

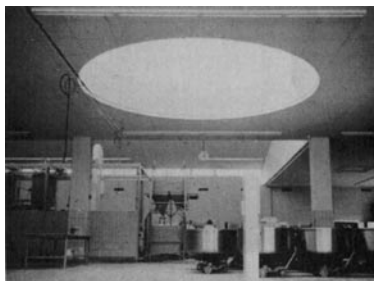
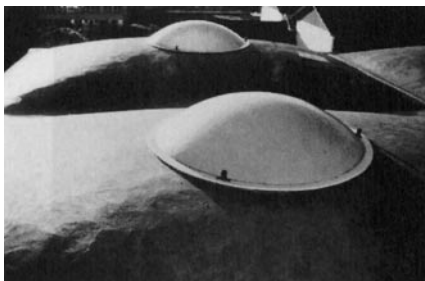
In Großbritannien gelang es den Industriefirmen, eine fortschrittliche Forschungslandschaft mit einer erfolgreichen und wirtschaftlichen Serienproduktion aufzubauen. Viele der frühen Arbeiten befaßten sich mit dem Entwurf einfacher Schalenstrukturen, welche zusammengesetzt eine geschlossene Form mit variabler Länge und manchmal auch Breite und/oder Höhe ergaben. 1959 begann die Entwicklung der ersten britischen Schalenstruktur, der 1961 in Produktion gegangenen British Railways Relay Rooms, entwickelt von einer Gruppe der Forschungs- und Entwicklungsabteilung der British Railways (Eastern Division), hergestellt von Mickleover Ltd., London [Quarmby, 14.03.2005]. Dieses Prinzip der firmeneigenen Entwicklungsgruppen machten sich auch Scott Bader & Co. Ltd. [Saechting, 1973, 498], Anmac Ltd. of Nottingham [Forum, 1971, 378], und B.P. Chemicals P.L.C [Quarmby, 1974, 136] zunutze. Die Regierung unterstützte die Forschung und Entwicklung, zum Beispiel innerhalb der Gruppen Building Research Station und Fire Research Station, welche Bauelemente für den öffentlichen Bausektor prüften. Dadurch konnten bereits 1965 neue

Bauvorschriften in Großbritannien eingeführt werden [Powell, 1975, 161] Die chemische Industrie förderte die Entwicklung der GFK-Architektur aber nicht nur durch die zahlreich entstandenen Bauten, sondern auch durch die Förderung der Ingenieure und Architekten. So gewann Arthur Quarmby den Horner Award for Plastics Design und den Arthur Louis Aaron V.C. Memorial Scholarship, der ihm eine Studienreise zu anderen europäischen GFK-Pionieren, wie Ionel Schein (Frankreich), Cesare Pia (Italien) und Wym Pijpers (Niederlande), ermöglichte [Quarmby, 14.03.2005].

GFK-Entwicklungen aus den ehemaligen Ostblockländern DDR, ČSSR und Ungarn wurden auch in der Fachzeitschrift *Kunststoffe* publiziert. Bei diesen Projekten überwog aber der volkswirtschaftliche Nutzen vor dem privaten Gebrauch von GFK-Häusern. In der DDR wurden beispielsweise Gewächshäuser [1960/07] und Überdachungen [1966/09] in GFK ausgeführt. Die ČSSR produzierte Industriekamine [Jelinek, 1977] und Raumzellen aus Papp-Wellkernen mit GFK-Außenschichten [Hanusch, 1967].

Eine Sonderposition nahm der Mittlere und Nahe Osten ein. Dessen politische Öffnung führte zu einem gleichzeitigen wirtschaftlichen Aufschwung in den 1970er Jahren, welches ein verstärktes Baugeschehen auslöste. Diese Länder wollten durch eine Mischung aus traditionellem Formenkanon und der Verwendung von neuesten Materialtechnologien ihre starke wirtschaftliche, zukunftsgerichtete und zugleich traditionsbewußte Haltung präsentieren. Da es in diesen Ländern kein ausreichend geschultes Fachpersonal und Industrien gab, um entsprechende Realisationen durchzuführen, übernahmen überwiegend europäische Fachleute und Firmen diese Aufträge. Daher sind viele GFK-Projekte, wie zum Beispiel der Internationale Flughafen Dubai [1971/26], die Überdachung der Sportstadt Bengasi [1968/24], Dachschalen für Arztstationen in Saudi Arabien [1977/05] in Europa projektierte und produzierte Bauten, welche dann in Elementen in die betreffenden Länder transportiert und installiert wurden. Hier kam der Vorteil des geringeren Gewichtes, der fertig hergestellten und stapelbaren Elemente aus GFK voll zum Einsatz. Dies war ein Vorteil für die industriell hochentwickelten Firmen, die ihren Absatzmarkt weit über die Grenzen Europas hinaus erweitern konnten.

Bereits 1965 war innerhalb der BRD das Bauwesen mit fast 50 % Hauptanwendungsgebiet von GFK. Weitere Anwendungsgebiete waren die Elektroindustrie mit 14 %, der Behälter- und Rohrleitungsbau mit 12 %, Hersteller industrieller Formteile mit 12 % und der Fahrzeug-, Boots- und Schiffbau mit lediglich 4 bis 5% [Beyer; Schaab, 1969, 119]. Innerhalb des Bauwesens dominierten aber nicht GFK-Bauteile zur Errichtung von Gebäuden, sondern Belichtungsbauten (60 %), wie Lichtplatten und -bahnen als Standardprofile und Wellplatten als Halbzeuge hergestellt, verschiedenste Formen von Lichtkuppeln, mit und ohne Aufsetzkranz, einschalig und doppelschalig, quadratisch, rechteckig oder rund.



Oberlichter von Heinz Isler, Firma Bösiger + Partner AG, Schweiz

[Isler, 1975, 13]

In der Bundesrepublik fand die optimistische und zukunftsgläubige Nachkriegszeit ihren Höhepunkt 1967 mit der Durchführung des 42. Bundestages zum Thema: 'Wie werden wir weiterleben?':

„Der attraktiven Thematik entsprach der ungewöhnlich starke Besuch. Die Futurologie – wie der neue Wissenschaftszweig heißt – hatte einen großen, alle Denkenden aufrufenden Tag. Eine Fülle von glänzenden, sachlich wohl fundierten Kurzvorträgen, Disputationen und einem Podiumsgespräch im Finale

drang auf den fast überforderten Hörer ein. Das Echo darauf wird wahrscheinlich weltweit sein, wenn vielleicht auch nicht alle Diagnosen stimmen, nicht alle Prognosen eintreffen mögen. Niemand weiß, was im Jahre 2000 sein wird – nur eines steht gewiß fest: daß alles, was heute und morgen gedacht, geplant, reformiert und investiert wird, den sich unentwegt wandelnden Zustand der Welt nicht außer acht lassen darf.” [Budde, 1967, 371]

Ende der 1960er Jahre schien aber auch die Zeit reif zu sein, das erste Mal zurückzublicken. Zu sehen, was bisher geschaffen wurde, ob der eingeschlagene Weg der richtige war. Die Probleme, aber auch die Erfolge wurden analysiert und die zukünftige Entwicklungsrichtung aufgezeigt. Für das Fachgebiet der GFK war die erste Internationale Kunststoffhaus-Ausstellung in Lüdenscheid, BRD (IKA '71/72) eine solche Rückschau, wenngleich sie gar nicht als solche geplant und ausgerichtet worden war. Entstanden war sie aus privater Initiative der Sauerländischen Baugesellschaft (Sabag) [Bläser, 1975], ohne das Zutun von Fachleuten wie Schwabe oder Saechtling. Dies bewirkte dann auch, daß die Gesamtausstellung, die neben GFK-Wohnhäusern auch Wohnprojekte anderer Kunststoffe präsentierte, im Gesamten ein eher ungünstiges und vor allem unvollständiges Bild des Leistungsstandes des Bauens mit GFK präsentierte. Absichtlich wurden auf der IKA '71/72 sehr gute Projekte neben fehlerhaften Exemplaren präsentiert. Im Laufe von fünf Jahren sollten die unzureichenden Bauten dann gegen neue, bessere Kunststoffhäuser ausgetauscht werden.

Teilansicht des Ausstellungsgeländes
IKA '71 in Lüdenscheid, BRD
[Schwabe, 1971]



Aber schon das erste Ausstellungsjahr diente „... alle(n) potenten Kunststoff-Zubehör-Lieferanten, sich über die Zielsetzung 'Kunststoffhaus – ja oder nein?' zu einer Entscheidung durchzuringen. Das Ergebnis sah man in Düsseldorf (Kunststoffmesse K'71, Anm. d. Verf.). Kunststoffhäuser im üblichen Stil wurden fast nicht ausgestellt. Konventionellen Wohnbauten ähnelnde Konstruktionen aus Voll-Kunststoff bleiben Freizeit-Unterkünften, Raumzellen und gegebenenfalls auch Repräsentativbauten vorbehalten.” [Binder, 1971, 982]

Die Entwicklungen auf dem Gebiet des Wohnungsbaus wurden unter dem Gesichtspunkt der wirtschaftlichen Produktion für den sozialen Wohnungsbau der sich rasant wachsende Erdbevölkerung angesehen. Zweithäuser als Luxusartikel wurden daher von sozial engagierten Architekten abgelehnt.

In der BRD definierte sich die Entwicklung einer Architektur mit glasfaserverstärktem Kunststoff fast ausschließlich über das Wohnhaus (siehe Kapitel 4.1 *Wohnhaus*). Da hier das IBK tätig und als internationale Anlaufstelle für Entwicklungen auf dem Gebiet der Kunststoffe anerkannt war, behinderte diese Ausrichtung die weltweite Durchsetzung des GFK innerhalb anderer Architekturfelder. Erfolgreiche, wirtschaftlich und technisch ausgereifte Realisierungen von Überdachungen, Gebäudehüllen oder Ausstellungsbauten, wie der Internationale Flughafen Dubai [1971/26], das Olivetti Training Centre in Haslemere, GB [1971/16] und die Schulbauten in Frobisher Bay, Kanada [1971/19]; [1971/20], wurden international und vor allem fachübergreifend zu wenig beachtet. Die 1973 veröffentlichte Publikation des IBK *Bauen mit Kunststoffen* [Saechtling, 1973] zeigte einen ausgewogenen Blick auf alle Arten von Bauten aus GFK. Trotz vielfacher Werbung in Fachzeitschriften konnte sich dieses Gesamtnachschlagewerk aber nicht genügend verbreiten und somit den darin enthaltenen Wissensstand nicht an die Architekten und Ingenieure weitergeben.

Die Internationale Kunststoffhaus-Ausstellung war nicht nur eine Präsentation bereits entwickelter Kunststoffhäuser für potentielle Käufer und interessierte Architekten, sondern auch ein Seismograph für Firmen und Finanzier, ob sich die weitere Entwicklung wirtschaftlich lohnt. Der allgemeine Konsens war ein Nein. Dies erkennt man an den um 36 % zurückgegangenen Publikationen internationaler Neuentwicklungen von 1972 gegenüber dem Vorjahr.

„Viele neue Anwendungen werden wieder nach kurzer Zeit zurückgezogen, da sie sich auf dem Markt nicht etablieren konnten, da sie die an sie gestellten Ansprüche nicht erfüllen, oder da sie zu teuer sind oder weil die neuen verwendeten Techniken nicht bereitwillig von vorhandenem Markt akzeptiert werden. In einigen Fällen sind Erfahrungen nötig, für die es in diesem Feld einfach noch zu früh ist. Andererseits sind viele neue Kunststoff-Anwendungen erfolgreich etabliert.“ [Engineering, 1973, 122]

Zusätzlich zu den ernüchternden Berichten über den Leistungsstand des Bauens mit GFK und Kunststoffen im allgemeinen kam ein wirtschaftlicher Umbruch, der sich bereits Anfang 1973 abzuzeichnen begann. Nach jahrelangem Preisverfall begannen die Preise von Kunststoffen weltweit anzusteigen [Schleede, 1974, 53]. Im Sommer 1973 kostete ein Kilogramm Polyester circa 2 DM, im Vergleich dazu war ein Kilogramm Zement für nur 4 Pfennig zu haben [Knappke, 1973, A 244]. Als Gründe nannte Dietrich Schleede die seit 1971 vorhandenen Überkapazitäten in der Kunststoffproduktion, welche die Preise und somit den Erlös drückten [Schleede, 1974]. Die Ende 1972 einsetzende Hochkonjunktur führte dann zu einem Nachfragestoß an Polyester und somit zur kritischen Versorgung des Marktes. Zusätzlich verschärfte sich diese Situation durch die unsichere Währungssituation und den ein Jahr später stattfindenden spektakulären Preisanstieg des Rohöls.

Allgemein ist innerhalb des Bauwesens ein Umschwung zu verzeichnen. Analysen und Untersuchungen zu dem Stand der Nachkriegs-Bauten wurden aufgestellt. Erstmals wurde öffentlich die in der Mehrzahl schlechte Architektur zur Kenntnis genommen, eine Architektur, die von Heinrich Klotz als `Bauwirtschaftsfunktionalismus` bezeichnet wurde [Klotz, 1996, 228].

Hiermit endete der Optimismus der 1960er Jahre und wurde durch die abrupte Ernüchterung Anfang der 1970er Jahre abgelöst.

„Ich glaube, daß es vor allem Robert Venturi, Charles Moore und Aldo Rossi waren, deren Arbeiten zum Widerstand gegen eine Sterilität aufforderten, die sich aus dem kritischen Engagement der späten sechziger Jahre entwickelt hatte und diese zu verraten im Begriffe war. Wie auch hätte der Entwurf einer neuen Welt auf die Dauer ohne den Entwurf zu einer sinnlich vorstellbaren, neuen Umwelt für unser gegenwärtiges Leben auskommen können?!” [Geiger, 2005, 203]

Auch die Ingenieure sahen sich von der Wirklichkeit enttäuscht:

„Angesichts der Anstrengungen, die im letzten Jahrzehnt unternommen wurden, um dem Kommet der Tradition zu entgehen, nimmt es wunder, daß in Deutschland das Potential konstruktiver Neuerungen so selten zum Vorteil der Architektur ausgeschöpft wurde. Der Stabwerkbau ist ein Beispiel. Räumliche Tragwerke werden häufig als Dachlösungen herangezogen, gelegentlich auch als Konstruktionssystem eines ganzen Bauwerkes verwendet. Aber die Gestaltungsfreiheit, die in solchen Raumgittern liegt, ist nicht andeutungsweise realisiert worden. Gäbe es nicht die Membran- und Seilnetzbauten Frei Ottos, die eines der umfangreichsten Projekte der nächsten Zukunft, die Münchener Olympiaanlagen von Behnisch & Partner, angeregt haben, gäbe es nicht einige Stahlbetonschalen und -hängedächer wie die Hamburger Markthalle und die Stadthallen Roland Rainers für Bremen und Ludwigshafen, so müßte es scheinen, als wären im letzten Jahrzehnt von Konstruktionsüberlegungen Impulse weder für Formen noch Funktionen ausgegangen.“ [Pehnt, 1970, 39]

2.2.1 Das Material

„Es ist auch für den Fachmann sehr schwer zu entscheiden, ob Kunststoffe besser oder schlechter sind als ihr Ruf. Der immer noch mit etwas Mißtrauen spürbaren Unsicherheit von Architekten und Bauherren gegenüber diesen neuen Stoffen steht die Tatsache eines unvergleichbaren Anstieges im Bauwesen gegenüber. Auf der anderen Seite stärkstes Interesse und das fordernde Erwarten, daß die Kunststoffe auf diesem Gebiet eigentlich noch viel mehr leisten müßten. Es scheint doch so zu sein, daß diesen 'Wunderstoffen' so viel Kraft und Dynamik innewohnt, daß sie zwangsläufig immer weiter vordringen. Dabei wird mitunter der Glaube an die schnellen Entwicklungsmöglichkeiten der Makromolekularchemie überschätzt, nachdem die letzten Jahrzehnte so viele Fortschritte gebracht haben.

Eines muß zu diesem Zeitpunkt eindringlich gesagt werden: Die Verwendung der Kunststoffe als Konstruktionsmittel im Bauwesen verlangt neue Maßstäbe und Vorstellungen, sie verlangt ein Umdenken. Festigkeiten, Dauerverhalten, Brandverhalten von Kunststoffen sind nicht größer oder kleiner als bei anderen gewohnten Baustoffen, sie sind anders, anders in ihren Meßwerten, in ihrer Auswirkung, und sie müssen auch anders beurteilt werden. So steckt z.B. das Branddenken vergangener Jahrhunderte und Jahrzehnte noch teilweise so tief in uns und unseren Vorschriften, daß wir es zwangsläufig auf die Kunststoffe als Baustoffe übertragen, ohne zu bemerken, daß auf diesem Sektor das Gefahrenmoment des Brandes nachweislich minimal geworden ist. Träger und Stütze sind Konstruktionsformen des Stahles. Man kann sie in Kunststoff kopieren, doch deren eigentliche Konstruktionsform ist das Flächentragwerk, das in vielen Varianten und Materialien weiterentwickelt, variiert und auch gestaltet werden kann.“ [Schwabe, 1967, A 615]

Amtor Schwabe mahnte speziell die Industrie, die Beratungen der Fachleute müßte noch eingehender und umfangreicher werden, um die Kunststoffe innerhalb des Bauwesens als sichere und leistungsfähige Baustoffe zu integrieren. Hohe Anforderungen wurden an Festigkeit und Beständigkeit von Erzeugnissen zur konstruktiven Verwendung gestellt. Daher mußten diese Werte in vielen Fällen zum Schutz von Leben und Gesundheit der Menschen geprüft und nachgewiesen werden [Schwabe, 1972].

Die Pioniere der zweiten Phase der Pionierzeit waren nicht mehr so stark in die Materialtechnologie integriert, wie es noch in der ersten Phase nötig gewesen war. Das Verhalten von GFK unter verschiedensten Lastfällen war nun grundlegend bekannt. Forschungslabors nahmen sich weiterer Testreihen an und untersuchten die von der chemischen Industrie immer weiter entwickelten Harzzusammenstellungen, verbesserten zum Beispiel die Ausschäumtechniken für die Sandwichkonstruktionen. Aufgrund der verschiedenen Fertigungsverfahren des Ausschäumens waren jetzt auch gekrümmte Varianten, Ecklösungen und verdichtete Randzonen herstellbar, die den konstruktiven Ansprüchen vollauf genügten [Hoppe, 1963]. Der Wirkungsgrad von Produktion und Technik wurde ausgefeilter. Die Rationalisierung der Herstellung brachte steigende Lohnkosten, aber auch eine Kostensenkung der Ware.

2.2.2 Die Herstellung

Der größte Vorteil der GFK waren deren einfache Bearbeitung ohne kostenintensive Maschinen. Mit Hilfe der weiten Verbreitung von Verarbeitungsfirmen, deren Haupterwerb jedoch im Boots- und Fahrzeugbau (Dubigeon-Normandie, Frankreich, Mickelover Ltd., GB) oder in der Herstellung von Behältern, Maschinenverkleidungen oder Möbeln (Fa. Feierbach, BRD) lagen, war es jedem interessierten Architekten und Bauingenieur möglich, eigene Ideen zu verwirklichen. Die Prototypen wurden zumeist unter experimentellen Bedingungen hergestellt. Besonders die Ur-Schalungen wurden mit einfachsten Techniken und billigsten Werkstoffen realisiert, um davon die qualitativ hochwertigere Schalungsform für die kleine Serienproduktion abzunehmen. Aber die benötigten Testreihen für die Baugenehmigung beziehungsweise Patentierung ließen den Gesamtpreis ansteigen. Der chemischen Industrie war es zu verdanken, daß diese vor allem Ende der 1960er Jahre in die Herstellung von zahlreichen Prototypen investierte, zum Beispiel dem des Röhrenhauses des Architekten Dutler (Schweiz) [1969/10] [BASF Information, 1970]. In der BRD, der ČSSR und Japan realisierte die chemische Industrie, zum Beispiel die Bayerwerke Leverkusen [1969/19], Chemische Werke

Hüls [1961/05], Montazni, Prag [1965/05], [1966/03] und Sekisui Chemical Co., Osaka [1966/04] eigene Prototypen. Ob diese in den Werken selbst auch produziert oder an eine Herstellerfirma abgegeben wurden, ließ sich nicht eindeutig klären.

Bei der Betrachtung der Pionierbauten, speziell den Realisierungen der Architekten, entsteht der Eindruck, daß lediglich das Handauflegeverfahren, maximal das Faserspritzverfahren in der Produktion eingesetzt wurde (siehe Anhang 9.3 *Die Herstellungstechniken*). Dies ist nachvollziehbar, wenn es sich um aufwendige dreidimensionale Bauelemente handelt. Aber auch Fassadenelemente, wie die des Sabemo House, Australien [1972/07], welche in Stückzahlen von mehreren Hundert produziert wurden, realisierte man im handwerklichsten aller Verfahren. Zum Teil begründet sich dies aus den hohen Maschinenkosten für Preßverfahren (siehe Anhang 9.3 *Die Herstellungstechniken*). Selbst die Investition einer Niederdruckpresse, welche zu den mittleren Investitionskosten zählte, wurde nur von den wenigsten Firmen, zum Beispiel der Impresa E. Piano (I) [Compagno, 1991], getätigt. Ein weiterer Aspekt könnte gewesen sein, daß nur wenige Firmen mehrere Aufträge zur Umsetzung von architektonischen Entwürfen erhielten. Aber auch dann nutzten Firmen wie Dubigeon-Normandie (F) [Bancilhon, 2003] oder Polykem Oy. (FIN) [Home, 2002] lediglich das Faserspritzverfahren für die Serienproduktion der nur einige duzend identische Elemente umfassenden Aufträge. Für die Einführung einer industriellen Fertigung war das zu wenig (siehe Anhang 9.3 *Die Herstellungstechniken*).

Lediglich einmal wurde ein industrielles Herstellungsverfahren eingesetzt. Die Massenfertigung von GFK-Raumelementen für vier in den Jahren 1966/68 erbaute Wohnhochhäuser der Elgin Estate London [1966/08] mit 22 und 25 Stockwerken erfolgte im Heißpreßverfahren, mit einer 2000-t-Presse in den USA. Insgesamt wurden über 4000 wandbildende 'Indulex-Fassadenelemente' von je $2,03 \times 2,74 \text{ m} = 5,56 \text{ m}^2$ produziert. Die Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Erfolg war aber eine fortführende Nutzung der teuren Heißpreß-Werkzeuge für gleichartige, sich noch in Planung befindliche Objekte, die nicht zustande kamen. Änderungen in der Wohnungsbaupolitik machten Hochhäuser jeglicher Bauart im sozialen Wohnungsbau unwirtschaftlich. Ein weiterer Versuch der Herstellung von Bauelementen im Heißpreßverfahren wurde nicht unternommen, trotz vieler darauf ausgerichteter Projekte [Saechtling, 1975].



Produktion von Sitzschalen im Preßverfahren [Böhm, 1972, 31]



Herstellung von Bauteilen des fg 2000 im Handauflegeverfahren [Feierbach, 1970]

Selbst wenn 7 von 21 im Katalog aufgeführten Wohnhäusern, 47 von 103 Ferien- bzw. Schutzhäusern oder Raumzellen (siehe Kapitel 5. *Nutzungen*, 5.1 *Wohnhaus* und 5.2 *Zweithaus/Schutzhaus/Raumzelle*) in kleinen Serien produziert werden konnten, sicherte das den Herstellern keinen dauerhaften Absatzmarkt, um ihre Produktion auf industrielle Anlagen umzustellen und Fachkräfte einzuarbeiten. Die Gesamtkosten im Handauflegeverfahren waren dagegen kalkulierbar und die in der Mehrzahl kleineren und mittleren Herstellerfirmen waren beweglicher, wenn es darum ging neue Entwicklungen mit außergewöhnlichen Formen zu realisieren. Am Beispiel der Firma Feierbach wird deutlich, daß die Herstellungstechnik des Handauflegeverfahrens vielleicht nicht die technisch höchst entwickelte Lösung darstellte, sich aber, wenn man mit mehreren identischen Schalungen arbeitete, das Auftragsvolumen in gleicher Zeit allerdings mit mehreren Arbeitskräften,

produzieren ließ. Ob es sich wirtschaftlich lohnte war letztendlich eine Frage des Verkaufspreises. Im Falle des fg 2000, ein für den Käufer hochwertiges Einfamilienhaus, war der Kaufpreis mit 1300 DM/m² dem gehobenen Wohnwert angepaßt [Feierbach; Misske, 1970].

Bereits in der zweiten Phase des Bauens mit GFK zeigte sich auf dem Gebiet der vielbeachteten Fertighäuser die Kluft zwischen der angewendeten Herstellungstechnik, den erreichten Produktionszahlen und der erhofften zukünftigen industriellen Produktion, welche aufgrund der damit einhergehenden Preissenkung und somit eindeutigen wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit der GFK-Bauten angestrebt wurde. GFK-Bauten wären dann nicht mehr nur in der Gesamtrechnung (Materialpreis, Herstellung, Gründung, eventuell vorhandene Unterkonstruktion, Transport, Baustellendauer) günstiger als vergleichbare Ausführungen in Stahlbeton oder Holz gewesen, sondern im direkten Vergleich. Vorbild war die industrielle Produktion von Gebrauchsgütern aus Thermoplasten. Dieses Vorbild stellte sich als großer Fehler heraus, da eine solche Produktion höhere Produktionszahlen verlangte (in die Tausende), als sie mit tragenden GFK-Elementen im Bauprodukt absetzbar waren. Die Pioniere hatten dies zwar richtig erkannt, aber ihre Lösung lag in der erhofften Steigerung der Produktion, mit der daraus folgenden Konsequenz eines zu schaffenden größeren Absatzmarktes für identische GFK-Bauelemente (siehe Anhang 9.3 *Die Herstellungstechniken*). In Europa scheiterte eine solche Monopolisierung von Architektur aber an der Ablehnung des Käufers.

Das industrielle Bauen in Form einer Massenproduktion, suggerierte eine Welt ausschließlich mit Kunststoffhäusern. Daraus resultierte die stark ablehnende Haltung der Bevölkerung und die Verhinderung einer weiteren sukzessiven Ausbreitung von GFK-Bauten.

2.3 3. Phase 1973 – 1980

Die dritte Phase des Bauens mit GFK begrenzt das weltweite Ende der Produktion von GFK-Bauten. Beispielgebend werden die Ursachen für den Rückgang innerhalb der BRD untersucht.

Auslöser für diesen starken Rückgang war das Ölembargo der Organisation der Erdöl exportierenden Länder (OPEC) im Herbst 1973. Sie drosselten bewußt die Fördermengen um circa 5 %, um den Preis für Erdöl zu ihren Gunsten zu beeinflussen. Am 16. Oktober 1973 wurde der Ölpreis (US-Sorte Crude Light) von rund 3 Dollar pro Barrel (159 Liter) auf über 5 Dollar angehoben. Was einem Anstieg um circa 70 % entsprach. Im Verlauf des nächsten Jahres stieg der Weltölpreis auf über 12 Dollar. [<http://de.wikipedia.org>]

„Steigende Mineralölpreise bedeuten steigende Kosten für Elektrizität, Transport und Heizung, aber auch steigende Preise für Massenkunststoffe. (...) Trotzdem werden Kunststoffe wettbewerbsfähig bleiben. Die Preise für Naturprodukte wie Holz, Wolle, Baumwolle, Jute und für seltene Metalle wie Zinn, Zink, Kupfer werden schneller steigen.“ [Schleede, 1974, 53] Dies bestätigt die Veröffentlichung von Menges: „Glasfaserverstärkte Lamine werden zu Preisen im Durchschnitt zwischen 5 und 10 DM/kg kalkuliert. (...) Da auch die anderen Rohstoffe alle teurer geworden sind, hat sich an den Preisrelationen im wesentlichen nichts geändert.“ [Menges, 1977, 16].

Die Bauindustrie stellte sich auf die veränderte Situation ein. Die erhöhte Nachfrage nach Dämmung, Folien, Dichtungen und Kunststoffen aufgrund der Energiesparmaßnahmen und der eingeführten Wärmeschutzverordnung brachte der chemischen Industrie nach wie vor einen großen Absatzmarkt. Der Bau wurde weiterhin mit Kunststoffprodukten durchsetzt, aber der Einsatz des GFK ging immer mehr zurück. Sie nahmen 1976 nur noch 2,8 % (197 Millionen DM) der Gesamtkunststoffherzeugnisse ein, während PVC-Erzeugnisse 31,9 %, Polyolefinen 7,0 % und Hartschaumerzeugnisse 5,9 % hatten [Schwabe, 1977, 97]. Die rückläufige Anzahl an GFK-Bauten kann also nicht allein auf die erhöhten Rohstoffpreise zurückgeführt werden.

Anhand der folgenden Tabelle kann man den Jahresverbrauch und die Herstellungsverfahren von glasfaserverstärkten Kunststoffen von 1972 bis 1974 nachvollziehen. Es wird deutlich, daß der Absatz von GFK

keineswegs zurückging, sondern auch während der Öl- und Wirtschaftskrise weiterhin angestiegen ist. Allerdings ist der Anteil an Gebäuden äußerst gering. Nach einer Umfrage 1976 dachten immerhin 19 % der befragten Unternehmer, daß durch den technischen Fortschritt potentielle Anwendungsmöglichkeiten von GFK weiterhin bestehen [Ein Phänomen, 1976].

Verfahren	1972		1973		1974	
	t	%	t	%	t	%
kontinuierliche Verfahren	22 000	21	23 500	19	24 500	18
Handlaminieren	19 500	19	21 500	18	23 000	17
Pressen (Preßmassen)	12 000	11	14 000	11	15 500	11
Pressen (flächige Preßmassen)	17 000	16	21 000	17	24 000	18
Pressen (sonst. Massen)	7 000	7	8 000	7	8 800	7
Faserharzspritzen	7 000	7	8 000	7	8 800	7
Wickeln	12 000	11	15 500	13	18 000	14
Ziehverfahren	1 700	2	1 800	1	1 800	1
sonstige Verfahren	5 800	6	8 700	7	8 600	7
Gesamt	104 000	100	122 000	100	133 000	100

[Schwarz, 1975]

Für eine detaillierte Bewertung der Herstellung sind neben den Materialmengen und der Herstellungstechnik aber auch die Nebenkosten entscheidend. Erstmals wurde 1973 eine detaillierte Auflistung dieser Kosten gegeben.

	produzierte Menge je Arbeitsstunde (kg/h)	Arbeitsfläche je Beschäftigten (m ²)	Investition je Arbeitsplatz (DM)	Lohnaufwand je kg bei 10DM/h
Handauflegeverfahren	3,0	40	10 000	3,33
Faserspritzverfahren	4,5	80	30 000	2,20
Injektions-, Vakuumverfahren	12,5	100	30 000	0,80
Preßverfahren	6,5	20	30 000	1,50
Kontinuierliches Laminieren	40,0	100	100 000	0,25

[Reichl, 1973, 12]

Eine wirtschaftliche Produktion war neben den Investitionskosten auch von dem Zeitaufwand und den Arbeitskräften pro Bauteil abhängig. Die Produktion von Kleinserien bis maximal mittleren Serien für tragende Bauelemente war neben dem üblichen Handauflegeverfahren durchaus auch im Injektions-, Vakuumverfahren oder dem Preßverfahren lohnenswert. Die Herstellung von Gärfuttersilo-Segmenten mit 12,5 m x 2,5 m x 16 mm und circa 700 kg GFK benötigte zum Beispiel im Handauflegeverfahren 70 h, im Vakuum- und Injektionsverfahren allerdings nur 14 h [Saechtling, 1975].

Vor allem die vorhandene Ausstattung und die Erfahrung der Fachkräfte einer Firma beeinflusste die Wahl der Herstellungstechnik. Ebenso wie in den 1960er Jahren (siehe Kapitel 2.2 2. Phase) hatte auch 1976 die GFK-Verarbeitung weitgehend handwerklichen Charakter und war weiterhin nahezu ausschließlich Feld und Domäne mittelständischer und kleiner Unternehmungen [Ein Phänomen, 1976].

Amtor Schwabe versuchte dem Rückgang an GFK-Realisationen durch aufklärende Artikel entgegenzuwirken, wie zum Beispiel in der Fachzeitschrift *prodoc* für Kunststoffe, Werkstoffe, Verfahrenstechnik:

„Ein weiterer Grund zur Beunruhigung waren in der letzten Zeit jene Zweifel, ob der Rohstoff Öl auf unbegrenzte Zeit ausreichen würde, um darauf eine gesteigerte Entwicklung aufzubauen. Nach den klugen Worten des Schah von Persien ist Öl ein Rohstoff – mit nicht unbegrenzten Vorräten – der viel zu schade ist, um als Energiequelle verbrannt zu werden. Mit diesem Hinweis wird die Richtung für die Zukunft markiert: Drosselung der immensen Ölverschwendungen für den Heiz- und sonstigen Energiebedarf und langfristige Bevorratung des Öls für seine wichtige Rolle als chemischer Grundstoff – insbesondere für die Herstellung von Kunststoffen. (...) Die ganz große, fast noch offene Anwendungsreserve der Kunststoffe ist der konstruktive Baubereich. Dächer, Außenwände, Großfassaden werden bei uns jetzt erst in ganz geringem Umfang ausgeführt. In England sind auf diesem Gebiet erheblich kühnere und umfangreichere Anwendungen zu sehen. (...) Die Ausweitung dieses Gebietes hängt einmal an der Entwicklung rationeller Fertigungsverfahren für großflächige GF-UP-Teile, zum anderen an der Vereinfachung, Beschleunigung und Verbilligung des Zulassungsverfahrens. (...) Bisher betrachteten wir nur die Anwendungen im Binnenmarkt. Ich habe schon lange immer wieder betont, daß Baustoffe, Bauteile und Bausysteme aus Kunststoffen wegen ihrer Leichtigkeit diesem Wirtschaftszweig die Tore zum Export öffnen ...“ [Schwabe, 1975, 161]

Ein einflußreicher Faktor war die mit der Ölkrise verbundene Wirtschaftskrise.

„Die Ölkrise von 1973 zeigte die Störanfälligkeit von einer Vielzahl von Einflußfaktoren, Unvorbereitetheit und Abhängigkeit der modernen Industriestaaten von fossiler Energie und markierte in Deutschland das Ende des Wirtschaftswunders. In der Folge traten bisher weitgehend unbekannte Erscheinungen auf, z.B.: Kurzarbeit, Arbeitslosigkeit, steigende Sozialausgaben, verstärkte Inflation (besser: Stagflation), steigende Staatsverschuldung, Rationalisierung, Streiks, Unternehmenspleiten.“ [http://de.wikipedia.org]

Dies bedeutete auch das Ende des Baubooms der 1960er Jahre. Aber wie in allen Sparten, hatte auch diese Krise mehrere Ursachen. Eine war der stark zurückgegangene Jahresbedarf an Wohnungen.

„Der tatsächliche Jahresbedarf an Wohnungen in der Bundesrepublik dürfte sich bei 500 000 bis 550 000 Einheiten einpendeln – 1973 aber wurden ca. 680 000 Einheiten gebaut noch 645 000 im Jahre zuvor. Das bedeutet, daß sich die Bauwirtschaft auf eine langfristige Anpassung der Kapazitäten an den wirklichen Bedarf einstellen muß. Die Zeiten der großen Gewinne im Wohnungsbau sind für absehbare Zeit vorbei. Deswegen wird vor allem der private Wohnungsbau abnehmen. (...) Im kommenden Jahr erwartet der Bundesverband der privaten Wohnungsunternehmen einen Rückgang der Bauvorhaben im freifinanzierten Wohnungsbau um mindestens 55 Prozent.“ [Zur Lage der Bauwirtschaft 1974, 195]

Die Auswirkungen der Baukrise auf die GFK-Bauten waren unmittelbar zu spüren. Die Firmen sahen sich nicht mehr in der Lage Prototypen zu entwickeln und diese als Fertighäuser für einen erhofften Absatzmarkt anzubieten.

Laut Amtor Schwabe war der GFK in den 1970er Jahren nach wie vor der von den Architekten und Ingenieuren am meisten beachtete Kunststoff und am intensivsten durchforscht [Schwabe, 1977, 97]. Warum wurde der GFK dann nur selten als tragendes Material im Bau eingesetzt?

Ein Hinderungsgrund war das „Übersteigerte Sicherheitsdenken mancher Beamten“ [Schwabe, 1977, 99] welches bauwillige Fachplaner abblockte. Die Ablehnung der Bauaufsicht beruhte meist auf Unkenntnis und Berichten über Bauschäden.

„Hier stehen entwicklungsfreudige und durchaus verantwortungsbewußte Firmen bisweilen vor einer Mauer, die jede Fortentwicklung hemmt. Lassen Sie mich daher den Vorschlag machen, doch einmal die Sachbearbeiter der Bauaufsicht systematisch zu unterrichten. (...) Ich erinnere mich, daß das IBK vor rd. 10 Jahren zusammen mit dem SKZ mehrere Informationstagungen für die OBB der Länder durchführte, (...). Nach diesen Tagungen war eine spürbare Besserung des Verständnisses für die Kunststoffe im Bauwesen festzustellen.“ [Schwabe, 1977, 99]

Schwabe forderte gleichfalls einheitliche Güteklassen für die GFK, so wie sie bei Beton, Leichtmetall und Holz bestanden. „Dieser Effekt könnte dann zweifellos auch die Prüfung bei allen Instanzen der Bauaufsicht erleichtern.“ [Schwabe, 1977, 99] Auch der Architekt Lothar Götz brachte in einem Artikel von 1976 die Problematik zum Ausdruck:

„Bei der heutigen (1976, Anm. d. Verf.) Rechtslage und der Rechtssprechung wird aber das Schadensrisiko bereits bei Planung zu einem beachteten Aspekt. Während die kunststoffverarbeitende Industrie in aller Regel nur über Kaufverträge mit Bauherstellung verbunden ist, haftet der Architekt auf der Grundlage des Werksvertragsrechtes auch für nicht schuldhaft verursachte Mängel. Hinzu kommt, daß ihm durch die derzeit gültige Definition der ‘anerkannten Regeln der Technik’ jede Verwendung eines neuen Baustoffes untersagt ist.“ [Götz, 1976, 57]

Seit den 1960er Jahren verlangten Fachplaner die Einführung von Normen für das Bauen mit GFK. Aufgrund „energischer und phantasievoller“ Arbeit des Obmannes Prof. Dr.-Ing. Einsfeld beim Institut für Bautechnik in Berlin konnte im September 1985 die DIN 18820 ‘Textilglasverstärkte ungesättigte Polyesterharze für tragende Bauteile’ in den Teilen 1- 4 vom Arbeitsausschuß verabschiedet werden [Langlie, 1986]. „Eine solche Norm wäre die erste Anwendungsnorm für den Einsatz von Bauteilen aus Kunststoffen in tragenden Funktionen. Sie wird von der Praxis dringend benötigt.“ [Langlie, 1986]

1977 veröffentlichte Amtor Schwabe folgende Thesen, um die glasfaserverstärkten Kunststoffe im Bauwesen noch weiter zu verankern und effizienter zum Einsatz zu bringen:

- „- Den Bauproduktmarkt systematisch nach geforderten Eigenschaften, Abmessungen, Produktionsstückzahlen durchleuchten
- Den konstruktiven Umgang mit GFK auch für einen breiten Kreis von Nicht-Spezialisten bei Architekten und Ingenieuren verständlich machen
- Der Berechnung von Kunststoffkonstruktionen angepaßte und sinnvolle Lastannahmen zugrunde legen
- Der Bauaufsicht vom Hersteller und Verarbeiter ein standardisiertes Material anbieten, dessen Eigenschaften allgemein anerkannt und gewährleistet sind
- Ein Ende machen mit der Zersplitterung in Handelsnamen und differenzierten Produkteigenschaften
- Das Brandrisiko real einschätzen bzw. berechnen
- Die bestehenden Produktionsverfahren auf Möglichkeit der wirtschaftlichen Herstellung größerer Teile untersuchen und weiterentwickeln“ [Schwabe, 1977, 97]

Allerdings war es für die Fachplaner nach wie vor unumgänglich, das Entwerfen und Konstruieren mit dem immerhin erst 30 Jahre alten GFK zu erlernen. „Diese Unsicherheit ist unter anderem im Ausbildungswesen begründet, das erst Anfang 1969 die ersten Kunststoffingenieure in die Praxis entlassen konnte. Als wertvolle Orientierungshilfe bietet sich allen Beteiligten die 1964 begonnene Gütesicherung und Gütekennzeichnung für Kunststoffherzeugnisse an.“ [Hamich, 1973, A 236]

Die wenigsten Architekten waren innerhalb ihrer Ausbildung entsprechend geschult worden. Aus der Zusammenfassung eines entsprechenden Artikels von Lothar Götz:

„Er stellt dabei fest, daß beim Architekt der Wissensstand über die Kunststoffe nicht ausreichend ist, weil ihm bei der Ausbildung nicht genügend Kenntnisse vermittelt werden. Darüber hinaus hat dieses Problem jedoch infolge der raschen Entwicklung der Kunststoffe auch grundsätzliche Schwierigkeiten, da beim Abschluß des Studiums heute nicht mehr vorausgesagt werden kann, welche Baustoffe den Architekt in einer etwa 40jährigen Berufspraxis noch überraschen werden. Deshalb muß sich der Architekt Grundkenntnisse erwerben, mit denen er Baustoffe und Bauteile nach technischen, ökonomischen und ästhetischen Kriterien sicher beurteilen und auswählen kann. Darüber hinaus ist besonders auf dem Gebiet des Bauens mit Kunststoffen eine systematische Weiterbildung und ständige Aktualisierung des Wissens zu fordern.“ [Götz, 1976, 57]

Götz forderte die Verbesserung des Lehrgebietes der Baustofflehre. Es sollte die Vielseitigkeit aller Baustoffe, aber auch deren Weiterentwicklung vermitteln. Teil der Lehre sollte daher sein, dem Studierenden

Grundlagen zu vermitteln, so daß er den geeignetsten Baustoff für ein Projekt auswählen könnte. Er schlug drei Gesichtspunkte vor:

- „1. Technische Kriterien (Dichte, Festigkeit, Elastizität, Härte, Viskosität, Stoffwärme, Wärmespeichervermögen, Wärmeleitung, thermische Längenänderung, Diffusionsverhalten, kapillares Leitvermögen, praktischer Feuchtigkeitsgehalt, Längenänderung durch Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe, Absorption, Reflektion und Transmission in bezug auf Schall und Licht und anderes mehr.
2. Ökonomische Kriterien: Hierzu gehören vor allem die Investition- und Betriebskosten,
3. Ästhetische Kriterien: (...) Möglichkeiten der Oberflächenbehandlung eines Stoffes, die Assoziationen die er hervorrufen kann, Stimulationen und Frustrationen die von einem Baustoff beeinflußt werden können, Anpassung und Kontrast zur Umgebung, Wirkungen die durch Materialwechsel hervorgerufen werden können und anderes mehr.“ [Götz, 1976, 56-57]

Die bereits ausgebildeten Fachplaner mußten sich selbstständig weiterbilden. Dabei unterstützte sie in der BRD vor allem das IBK.

„Ein vom Institut für das Bauen mit Kunststoffen (IBK, Darmstadt) erstellter ‘Who is who?’ auf dem Gebiet der Kunststoffe im Bauwesen umfaßt die stattliche Zahl von fünfzig Instituten, Verbänden, Arbeits- und Gütegemeinschaften, die sich mit diesem expandierenden Bereich befassen. (...) Obwohl je Arbeitstag in der Bauwirtschaft für 8 Millionen DM Kunststoffe verbaut werden, besteht bei vielen Architekten, Planern, Bauherren und Behörden noch eine gewisse Unsicherheit gegenüber diesem verhältnismäßig jungen Chemiewerkstoff.“ [Hamich, 1973, A 236]

Aber aufgrund der zahlreichen bekannten Beispiele war es nun leichter, Bauherren oder Behörden von dem Einsatz der GFK als tragenden Baustoff zu überzeugen. Allerdings war das Bauen mit glasfaserverstärkten Kunststoffen vor allem auch durch die verschiedenen Ansprüche der Beteiligten bestimmt. Die Industrie wollte vor allem den Absatz erhöhen: hohe Gewinnspannen und Zuwachsraten waren durch ein hochspezialisiertes und breites Angebot an Produkten zu erreichen. Aufgrund des auch während der Hochphase des Bauens mit GFK zu geringen Absatzvolumens innerhalb der Bauwirtschaft suchte sie in den 1970er Jahren verstärkt sichere Absatzmärkte im gleichfalls hochentwickelten Boots- und Fahrzeugbau, der Behälter- und der Sportartikelindustrie.

Die Ingenieure setzten sich für materialgerechte, sichere Gebäude mit einem anspruchsvollen Tragwerk ein. Ihre Offenheit dem jungen Werkstoff gegenüber und ihr zu dieser Zeit erreichtes Wissen war aber immer mit den an sie gerichteten Aufträgen verbunden. Architekten, vor allem aber die Bauherren, entschieden über den Einsatz der GFK und die Ausformulierung der Bauaufgabe. Der Anspruch der Architekten lag in der Vereinigung von Form und Funktion nach den aktuellen Gesichtspunkten der Architekturauffassung. Persönliche Vorlieben, die nachgewiesene Unsicherheit im Umgang mit dem glasfaserverstärktem Kunststoff und die aufwendigere Genehmigungsplanung behinderten zahlreiche Realisationen mit GFK. Aber letztendlich entschieden die Ansprüche der Bauherren, private oder öffentliche, über den Einsatz des neuen Materials. Die Wasser- und Chemikalienresistenz und die große Temperaturtoleranz der GFK, vor allem aber der Einsatz in leichten Flächentragwerken und die freie Einfärbbarkeit unterstützten neue Bauformen und individuelle Bauten. Die Ablehnung ungewöhnlicher Architekturen, die allgemein zunehmende Diffamierung des Kunststoffes und die steigenden Kosten waren Gründe gegen GFK-Bauten.

Nach Aussage von Wolfgang Feierbach gingen die Anfragen der Käufer immer mehr zurück, je weniger Veröffentlichungen über sein fg 2000 erschienen [Genzel; Voigt / Feierbach, 02.09.2001]. Daraus läßt sich auch schließen, daß das Interesse der Käufer erst durch ständige Werbung wach gehalten werden kann.

Ein Überblick über die Dauer und der Stückzahlen des Verkaufs der bis dahin entwickelten Systeme würde für eine eindeutige Bewertung hilfreich sein. Leider sind die Firmen aber nicht mehr auffindbar und somit auch ihre Unterlagen verschollen. Beispielhaft können aber die Kaufanfragen des Rondo und des Futuro herangezogen werden. Beide Ferienhäuser wurden bis Anfang der 1980er Jahre zum Verkauf, also zur Herstellung angeboten und wurden von zahlreichen Interessenten aus Europa, der UdSSR bis hin nach Argentinien angefragt [Casoni, 2004], [Home, 2002]. Der gestiegene Verkaufspreis, resultierend aus Herstellung, Material

und Transport ließ den Käufer trotz der technischen Weiterentwicklung der Häuser zurückschrecken. Fehler in der Verkaufswerbung reduzierten die Absatzzahlen zusätzlich. Wie notwendig es war das geläufige Image eines Verkaufsproduktes auf die Käuferschichten abzustimmen, konnte man aufgrund des Zweithauses Futuro ermesen. Trotzdem es das bis heute bekannteste Kunststoffhaus ist, wurden insgesamt nur 60 Futuro weltweit gebaut [Home, 2002].

„Kurz gesagt: es war zu extravagant und zu teuer und konnte daher nie in Massenproduktion gehen. Die Firma Polykem Ltd. gibt auch Unerfahrenheit im Umgang mit dem internationalen Vertrieb zu. Die erwartete große Nachfrage als Zweithaus und Feriendomizil trat nicht ein. Die Kunststoffhäuser wurden als moderne, erschwingliche, leicht zusammenfügbare und praktisch transportierbare Zweithäuser angepriesen, waren aber letztendlich immer noch zu kostspielig für die Massen. Statt dessen hätte die Vermarktung eher in Richtung der Individualisten gehen sollen, die Zielgruppe der flexiblen, modernen Oberschicht, welche sich dieses Haus leisten konnte und den Geschmack dazu mitbrachte. Lediglich die Werbung in den USA zielte auf die Schicht der reichen Junggesellen ab: „A man's home is his saucer“.” [Home, 2002]

Der Rückgang dieser Zweithäuser hatte seine Ursache jedoch nicht allein in der Ablehnung eines Kunststoffhauses, sondern in den allgemein rückläufigen Verkaufszahlen des Nutzungstypus (siehe Kapitel 4.2.1 *Zweithaus*). Der interregionale und internationale Zweithausmarkt verlagerte sich hin zu einer Ruhestandmigration und somit einer Verlagerung des Zweithaustyps von einem temporären zu einem festen Domizil, welches in Siedlungen gebaut wurde und auch eine Ferienwohnung sein konnte. In Politik und Gesellschaft wurden die ökonomischen, klimatischen und sozialen Einflüsse des Tourismus stärker beachtet. Dies brachte eine sorgfältigere Überlegung des Gebrauchs von Häusern als ökonomisches Entwicklungswerkzeug mit sich. Die unterschiedlichen Interessen der dauerhaften und der temporären Bevölkerung bildete nun einen bedeutenden politischen Streitpunkt. [Hall, 2004]

Das bereits in der zweiten Phase erwähnte Verhaften an traditionellen Bauformen wurde in den 1970er Jahren noch verstärkt. „... die Suche nach Tradition in der Architektur hat nach 1973 auf die offizielle Architektur übergegriffen, gefördert durch eine völlig veränderte Einstellung zum historischen Bestand.“ [Joedicke, 1998] Die Erhaltung der vorhandenen Baustruktur, die Sanierung der Altbauten und der Stadtkerne führte zu einer Umstrukturierung des Baugeschehens [Götz, 1976, 57]. Es wurden nun weniger Neubauten errichtet. Das Handwerk fand seine angestammte Rolle wieder.

„Die schon seit langem anhaltende Nostalgie und das Jahr des Denkmalschutzes haben die Anwendung von Kunststoffen an Außenbauteilen in innerstädtischen Bereichen auch mit nur geringem historischem Anspruch noch schwieriger gemacht. Auf der anderen Seite muß man zugeben, daß die Kunststoffindustrie nicht über ein geeignetes Angebot für solche Projekte verfügt. (...) Allerdings muß man darauf hinweisen, daß es mit billigen Imitationen hier sicher nicht getan ist.“ [Götz, 1976, 57]

Entsprach das Bauen mit Kunststoffen in den 1950/60er Jahren noch dem Wunsch nach einem neuen besseren Leben, war es in den 1970ern Ausdruck einer menschenfeindlichen Architektur.

Ethnologen führen die Rückbesinnung auf die Tradition auf die veränderte Lebenssituation zurück [Institut für Baukunst, 2002, 49]. Der Wechsel von der Raum- zu einer Zeitgenossenschaft und die damit folgende Ortlosigkeit läßt die Menschen nach Orientierungspunkten, nach einer Identität suchen. Die Kultur, die gemeinsame Werte, Weltanschauungen, Denksysteme und Lebensweisen beinhaltet, ist die Basis für die Tradition. Der gesamte Kulturbegriff gründet sich auf die Weitergabe von Traditionen. Die Architektur erhält einen besonderen Stellenwert. Die Traditionen der Architektur gründen sich auf bestimmte Bauweisen und -materialien, die sich aus dem regionalen und kulturellen Umfeld ergeben. Die Architektur selbst entwickelt sich aufgrund ihrer Natur, ihrer Dauerhaftigkeit nur langsam. Andrea Rieger erläutert, daß die Tradition daher gleichzeitig bereichernd und belastend ist. Bereichernd, da sie aus der Vielfalt und dem Erbe schöpft, aber belastend, da nachdem die Tradition schon längst über Bord geworfen ist, diese noch in der Architektur weiterlebt. Deshalb sind Menschen besonders im Hausbau sehr konservativ eingestellt. Die Tradition gilt hier als wichtiger Anhaltspunkt, die ihnen Sicherheit verleiht. Die Übernahme von neuem und

die Transformation von Vorhandenem sind hierbei ganz normale Prozesse der Weiterentwicklung. [Institut für Baukunst, 2002, 49f.]

Die Problematik des 20. Jahrhunderts ist die Geschwindigkeit der Veränderung. Die Transformation passiert so schnell, daß sowohl Natur als auch Mensch kaum Zeit für Adaptionen haben. Der Ethnologe Amos Rapaport schlußfolgert nach einer vergleichenden Studie zwischen den Pueblo Indianern und der Navaho Hogans für die Menschheit: „Grundlegende Veränderungen in der Architektur entstehen nur durch grundlegende Veränderungen in der Weltanschauung – technische und materielle Veränderungen alleine haben kaum solche Auswirkungen.“ [Institut für Baukunst, 2002, 50]

Hieraus ergibt sich also die Grundfrage, muß man nicht erst den Menschen zu einem neuem Leben erziehen, und kann dann seine Umwelt ändern? Aber wie erzieht man die Menschen? Wohl auch durch die Architektur. In Ausstellungen, Publikationen und Diskussionen wurde der Bevölkerung die neuen Errungenschaften der Industrialisierung aufgezeigt, die Möglichkeiten des neuen Lebens demonstriert. Deshalb waren die Weltausstellungen, die Kunststoffmessen und auch die Internationale Kunststoffhaus-Ausstellung in Lüdenschied wichtige Eckpunkte in der Entwicklung der GFK-Architektur.

Rudolf Doernach war einer jener Architekten, dem die Verbindung zwischen Soziologie und Architektur wichtig waren. Er machte die fehlenden sozialen Grundlagen innerhalb des Kunststoff-Marktes für das Scheitern der Kunststoffhäuser mit verantwortlich. Seine Konzeption von Selbstbau-Systemen, die mit Selbstbau-Varianten für eine nötige Abwechslung innerhalb der Stadtstruktur sorgen sollten, sah er daher als mögliche Alternative. Die Problematik der Entwicklung lag seiner Meinung nach auf der Ebene der Verhaltensforschung und der Biologie. Der Mensch müsse die Möglichkeit behalten, selbst tätig zu sein, und dies ist durch die industrielle Produktion nicht mehr gegeben, gerade nicht bei einem Kunststoffhaus [Doernach, 1974].

2.3.1 Das vorläufige Ende der Pionierphase

Ende der 1970er Jahre kam es ein weiteres Mal zu rückläufigen Zahlen im Produktionsvolumen der GFK. Das Gesamtvolumen an verarbeitetem GFK sank um 9 %, wobei speziell die Bauindustrie 1980 14 % weniger verarbeitete als noch 1979. Auslöser war die zweite Ölkrise 1979/80.

„Ausgelöst wurde sie im Wesentlichen durch die Förderungsausfälle und die Unsicherheiten durch den Krieg zwischen Iran und Irak. Der damalige Preisanstieg fand erst bei ca. 38 US-Dollar sein vorläufiges Ende.“ [http://de.wikipedia.org] Aufgrund des hohen Rohstoffpreises wurden jegliche GFK-Anwendungen unrentabel, die wirtschaftlich nicht benötigt werden, wie zum Beispiel Radome, Behälter ect. Die Serienproduktionen von Wohn- und Zweithäusern wurde aufgrund fehlender Nachfrage und der zu hohen Preise eingestellt.

Anwendungsgebiet	1979 t	Anteil %	1980 t	Anteil %	Veränderungen 1979 / 80
Bauindustrie	28.000	21	24.000	20	- 14 %
Tanks, Behälter, Rohre	22.600	17	19.000	16	- 16 %
Elektroindustrie	28.000	21	29.000	24	4 %
Industrielle Formteile	15.400	11	13.000	10	- 16 %
Transport	17.300	13	18.000	15	4 %
Boote, Schiffsbau	6.000	5	5.000	4	- 16 %
Konsumgüter	6.700	5	6.000	5	- 10 %
Verschiedenes	9.000	7	7.000	6	- 22 %
Gesamtproduktion	133.000	100	121.000	100	- 9 %

Entwicklung der Bauvolumen insgesamt nach Baubereichen [IBK, 1979/80]

Schwabe führt den fehlenden Absatz an glasfaserverstärkten Kunststoffen nicht nur auf den Materialpreis, sondern auch auf die fehlenden industriellen Produktionsmethoden zur Verarbeitung der GFK zurück. Während PVC seinen beherrschenden Platz (Absatzsteigerung von 39,1 % 1980) sowohl seinen Materialeigenschaften verdankt, als auch den vielseitigen Massenverarbeitungsmethoden Kalandrieren, Extrudieren, Spritzen, Tiefziehen und Beschichten, sind für die zukunftssträchtigen Anwendungen von GFK im Bauwesen bisher nur die handwerklichen oder halbautomatischen Methoden vorhanden, Verfahren, die mit einem viel zu hohen Anteil an menschlicher Arbeitskraft verbunden sind. [IBK, 1979/80]

Für die gesamte Kunststoffindustrie spielten die GFK-Bauten eine untergeordnete Rolle, da hier der anfangs erhoffte Großabsatz an Material nicht eingelöst werden konnte. Ihr Absatzmarkt lag zwar trotzdem im Bauwesen, aber mehr im Bereich der technischen/baulichen Anwendungen, der Installation und des Ausbaus, und nicht in dem der konstruktiven Bauteile der Architektur.

„Neben der breiten Anwendung der Kunststoffe im baulichen Alltag, die durch die von Jahr zu Jahr steigenden statistischen Zahlen belegt wird, sehen wir manchmal beachtliche neue Konstruktionen, riesige Dächer, große luftgetragene Ausstellungshallen, ausgedehnte Kunststofffassaden. Sie zeigen uns, daß die Kunststoffe im Bauwesen keinesfalls am Ende, sondern höchstens in der Mitte ihrer Entwicklungen stehen. Wir können aber auch sicher sagen, daß diese Anwendungsbereiche für die Kunststoffe in der Zukunft größere technische Probleme und Forderungen mit sich bringen werden.“ [Oltmanns, 1973, 45]

Die Kunststoffindustrie hatte ihre Produkte im Bauwesen bereits fest verankert und war trotz der gestiegenen Rohstoffpreise weiterhin konkurrenzfähig. Die Ölkrise hatte durch die Erhöhung des Heizöl- und Benzinpreises weitaus mehr Auswirkung auf den Energiemarkt.

„Die Revolution im Baugeschehen ist wieder einmal ausgeblieben. (...)“

Den großen Sprung nach vorne tat in diesem Ausmaß und Tempo dagegen etwas unerwartet die Ausstattungsindustrie, vorab die italienische. Ihr gelang es durch geschickte Werbung und modisches Design, das in breiten Schichten den synthetischen Stoffen anhaftende Odium der 'Billigkeit' zu nehmen und ihre Produkte exklusiv und salonfähig zu machen.“ [Mühlestein, 1973, 137]

Das Bauen mit glasfaserverstärkten Kunststoffen war in den Köpfen aller Beteiligten nicht fest genug verankert, als daß es die Schwierigkeiten der 1970er Jahre, der Preisanstieg, die anhaltende Skepsis gegenüber Kunststoffbauten und die langwierigere Genehmigungsplanung überleben konnte. Wohl auch aufgrund der schon von jeher in Tradition verhafteten Ausrichtung auf den Wohnungsbau.

Die starke Abwendung der Öffentlichkeit von den Kunststoffprodukten hin zu Naturprodukten, was in der Mode und im Design seinen Ausdruck fand, beendete die Zeit der farbenfrohen runden Formen der Pop-Ära.

Als hätten die GFK-Bauten zu dieser Modewelle dazugehört, verschwanden sie aus dem Gedächtnis. Einzelne Beispiele, wie das Futuro [1968/05], wurden in Zusammenhang mit utopischer Architektur oder in Publikationen über die 1960er Jahre abgebildet, aber nicht als seriöses Ferienhaus, sondern als skurrile, modische Erscheinung der Kunststoff-Ära.



Modeaufnahmen vor Futuro [Home, 2002, 145]

In der Architektur trat das Holz- und Steinhaus im privaten Bausektor oder die Stahl- und Glaskonstruktionen im Kaufhaus- und Bankensektor ab Mitte der 1970er Jahre seinen Siegeszug an. Bewegte Formen, Faltwerke und Schalen wurden nicht mehr gewünscht. Somit verschwanden auch typische Anwendungsgebiete der GFK.

Die glasfaserverstärkten Kunststoffe verschwand auch nach und nach aus der Möbelindustrie, einzig die Sportindustrie nutzte sie weiterhin für ihre Produkte. Surfbretter, Skier, Schläger und Stäbe waren ja schon seit den 1960er Jahren zunehmend aus diesen leistungsfähigeren Kunststoffen gebaut worden. Neuentwickelte Produkte, wie das Snowboard, nutzten die Elastizität und die Durchfärbbarkeit, um modisch und sportlich zum Massensportartikel zu avancieren. Der Vorteil der Sportindustrie lag und liegt in den kleineren Abmaßen der Produkte, der großen Serien, aber vor allem in den größeren Preisspektren, in denen hochwertige Geräte angeboten werden können. Hier fanden daher auch die leistungsfähigeren und kostenintensiveren Materialien Aramid- und Kohlenfasern ihren Markt.

3. Die Pioniere

Die Pioniere, die geistigen Wegbereiter auf dem vollkommen neuen Sachgebiet des Bauens mit Kunststoffen waren nicht nur jene, die direkt mit GFK entwarfen und bauten, sondern auch jene, die dieses neue Material und die Herstellungstechniken schufen und weiterentwickelten. Also alle Menschen die in den 1950er bis 1970er Jahren mit glasfaserverstärkten Kunststoffen forschten und deren Ergebnisse innerhalb des Bauwesens angewendet werden konnten. Hierzu zählen Chemiker, die den Werkstoff immer leistungsfähiger machten, indem sie eine Bandbreite an Harzen entwickelten, die den verschiedensten Anforderungen gerecht werden konnten. Pioniere waren auch die Ingenieure des Maschinen- und des Fahrzeug-, Boots- und Flugzeugbaus, die verschiedenste materialgerechte und wirtschaftliche Einsatzgebiete für das GFK untersuchten. Die innerhalb dieses Kapitels vorgestellten Pioniere sind aber die Bauingenieure und die Architekten, die nach materialgerechten Tragwerken und Gebäudeformen, einer Architektur aus glasfaserverstärkten Kunststoffen suchten.

„Dem Gemeinwohl dienende, individuell konzipierte, intuitiv geforderte und spontan begonnene Forschungen und Unternehmungen im Grenzbereich des ‘beinahe Unmöglichen’ zu konzipieren und durchzuführen.“ [Fenichell, 1997] war die utopische Charta Buckminster Fullers. Sie war es aber auch für die Pioniere des Bauens mit glasfaserverstärkten Kunststoffen, insbesondere derjenigen, die in der ersten und zweiten Phase tätig waren. Sieht man sich ihre Arbeits- und Herangehensweisen an, so kommt man zu der Überzeugung, daß es überhaupt nur aufgrund dieser unerschrockenen Grundhaltung zu einer solch schnellen und qualitativ hochwertigen Pionierphase des Bauens mit GFK kommen konnte. José Antonio Torroja zeichnete im Vorwort des Gesamtwerkes über den Ingenieur Heinz Hossdorf (1925-2006) ein entsprechendes Bild von ihm: Er hat eine schöpferische und neugierige Wesensart mit dem Bedürfnis, allen sich ihm stellenden Problemen, seien diese technischer oder anderer Natur, auf den tieferen Grund zu gehen. Er besitzt eine feine ästhetische Sensibilität und insbesondere einen ausgeprägt unabhängigen und individualistischen Charakter. Seiner liberalen Grundhaltung entsprechend hat er sich immer als Weltbürger verstanden, und hat sich daher nie nach konventionellen sozialen oder beruflichen Verhaltensmustern ausgerichtet. Hossdorf ließ sich von eigenen Motivationen und Impulsen leiten. [Hossdorf, 2003]

Die überwiegende Zahl der Pioniere des Kunststoffbaus gehörte der ersten Generation von Architekten und Ingenieuren an, die nach dem Krieg ihre Ausbildung absolviert hatten. Geboren in den 1920er Jahren waren sie die vierte Generation innerhalb der Modernen Architektur, nimmt man die Einteilung Jürgen Joedicke zum Vorbild [Joedicke, 1998, 20]. Die Architektur der Nachkriegszeit wurde von der zweiten Generation, die der um 1890 geborenen Architekten bestimmt, zum Beispiel Le Corbusier (1887-1965), Walter Gropius (1883-1969), Mies van der Rohe (1886-1969), Alvar Aalto (1898-1976), Hans Scharoun (1893-1972)). Selbst das Werk des noch älteren Frank Lloyd Wright (1869-1959) beeinflusste die Entwicklung Anfang der 1950er Jahre. Die Architekten der vierten Generation mußten sich zunächst mit deren als vorbildlich empfundenem Werk auseinandersetzen [Joedicke, 1998, 20-21].

„Bauen ist eine elementare Tätigkeit des Menschen. Sie entspricht seinem Bedürfnis, die Umwelt sinnvoll zum eigenen Nutzen zu formen. Aus der Synthese von unterschiedlichen Nutzungsanforderungen, konstruktiven Möglichkeiten und gestalterischen Vorstellungen entsteht Architektur. In Abhängigkeit von den jeweiligen wirtschaftlichen Gegebenheiten und politischen Vorstellungen entwickelt sich die Baukultur einer Zeit, die das gesellschaftliche Leben mit prägt.“ [Kind-Barkauskas, 1995]

Die Pioniere des Bauens mit GFK waren sich ihrer Vorbildrolle bewußt. Neben DuChâteau war es Ionel Schein, der 1958 in der *techniques & Architecture*, die Rolle der Fachleute, die mit Kunststoff arbeiten, hervorhob. Er sagte, daß die Handelnden „eine wirkliche Mission haben, da das Repertoire der gängigen Formen und Techniken veraltet ist“ [Schein, 1958, 70]. Einfacher drückte es Amtor Schwabe aus:

„Da Kunststoffe zweifellos die modernsten Baustoffe sind, wäre es ein Widersinn, sie in überholten

oder unechten Formen verwenden zu wollen. Die meisten bisher im Bauwesen verwendeten Kunststoffe sind leicht, farbig und flächenbildend. Diese Faktoren sollten die Gestaltung mit Kunststoffen bestimmen.”

[Schwabe; Saechtling, 1959, 389]

Aber wie im Kapitel 2. *Die Pionierphasen* herausgearbeitet wurde, waren die neuen Werkstoffe GFK innerhalb der Pionierzeit keineswegs endgültig entwickelt.

Hans P. Oltmann brachte 1973 in einem Artikel die während der Pionierzeit herrschende Problematik zum Ausdruck:

„Seit 25 Jahren sehen wir uns einer Fülle von neuen Baustoffgruppen gegenüber. Stahlbeton, Stahl und Glas sind heute selbstverständliche Elemente unserer Planvorstellungen. Wir haben diese Stoffe dank intensiver Informationstätigkeit von Industrie und Wissenschaft inzwischen genau kennengelernt, sie sind ein Bestandteil unseres Wissens geworden. Doch damit hörte die Entwicklung nicht auf, die Leichtmetalle, zahlreiche Leichtbaustoffe und schließlich die unübersehbare Gruppe der Kunststoffe drängten in den Bau. Besonders die letzteren machten uns die zuverlässige und materialgerechte Planung und Anwendung sehr schwer. Keine der neuen Baustoffgruppen hat uns vor eine solche Vielfalt der Varianten gestellt, keine der neueren Baustoffgruppen verunsichert uns so durch die fehlenden Kenntnisse ihrer zuverlässigen Eigenschaften und keine ist so schwer zu fassen, weil gerade die ständige Weiterentwicklung das Charakteristikum der Kunststoffe ist.“ [Oltmanns, 1973]

Um das Bauen mit GFK voranzubringen, mußten viele Fachleute von den Qualitäten überzeugt, aber auch über die Eigenschaften der neuen Materialien informiert werden. Die Industrie und Hersteller waren in den 1950/60er Jahren daran interessiert, neue Trends und Absatzmärkte zu erkennen. Sie drängten in den Bau- markt und wollten ihre Produkte besser, in großer Zahl und vor allem gewinnbringend an den Verbraucher bringen. Dabei nahmen sie Mühen, Zeit und hohe Kosten für Entwicklung und Forschung auf sich. Im Besonderen sprachen sie Architekten und Gestalter an, da diese letztendlich für eine weite Verbreitung und Anwendung im Bauwesen verantwortlich sind.

Es bezeugt das Potential und die Vielseitigkeit der glasfaserverstärkten Kunststoffe, daß viele der führenden Ingenieure der 1950/60er Jahre und Architekten der 1970er Jahre sich für diesen Baustoff interessierten. Ihre Neugierde, ihr Wissensdrang, ihr Forschergeist und Durchsetzungsvermögen waren nötig, um GFK-Bauten zu realisieren. Ingenieure und Architekten arbeiteten gleichermaßen an einer neuen Architektur aus glasfaserverstärkten Kunststoffen. Es ist daher nicht sinnvoll, die beiden Disziplinen vollständig zu trennen und ausschließlich auf die Rolle der Architekten einzugehen.

Weltweit interessierten sich die Fachleute dafür, wie und was man mit glasfaserverstärkten Kunststoffen bauen könnte oder auch sollte. Wobei sich die Ingenieure mehr für das WIE interessierten und die Architekten für das WAS zuständig schienen. Die Ingenieure erkannten die breiten Einsatzmöglichkeiten des GFK innerhalb von Tragwerken. Daher wandten sie sich auch speziell diesen Werkstoffen in Forschung, Analysen und Publikationen zu. Architekten versuchten zu klären, was eine Architektur aus Kunststoff sein kann, was sie beinhaltet, was sich im Leben der Nutzer ändern sollte oder könnte, jetzt wo man neue Freiheiten in der Gestaltung, der Formen, Farben und Oberflächenausführungen für Gebäude hatte. Für sie standen die Idee und der Ausdruck des zu schaffenden Gebäudes im Vordergrund, daß dann in GFK oder einem anderen Kunststoff sinnvoll realisiert werden sollte. Ihre Aufgeschlossenheit allen Kunststoffen und verschiedenen Kombinationen mit anderen Baustoffen gegenüber brachte eine große Bandbreite an Kunststoffbauten und experimentellen Projekten hervor (siehe Kapitel 4. *Nutzungen*; Kapitel 5. *Architektur / Formfindung*).

Gemeinsam ist allen Pionieren, daß sie praktisch forschend tätig waren. Ihre Gebäude, Überdachungen oder andere tragenden Elemente aus GFK entwickelten sie anhand von Prototypen. Diese Einzelstücke dienten aber nicht nur als Demonstrationsobjekte, sondern gleichzeitig als Versuchselemente für eine gründliche

Untersuchung des Tragwerkes, der Konstruktion und der Verbindungen. Schon während der zweiten Phase erreichten einzelne Bauten den Status vollwertiger Architektur, das heißt sie waren fern jeglicher Experimente und mußten den Einsatz von GFK nicht rechtfertigen oder beweisen. GFK wurde in ihnen aufgrund seiner Vorteile verwendet, wie zum Beispiel der Leichtigkeit gepaart mit großer Steifigkeit bei doppelt gekrümmten Flächen, die die filigranen Strukturen des Stadionsdaches in Laval, Frankreich [1969/22] und den Italienischen Pavillon in Osaka [1970/23] ermöglichten.

Wie auch im Entwerfen und Konstruieren mit anderen Materialien, standen den Pionieren des Bauens mit GFK zwei Herangehensweisen zur Verfügung. Eine Möglichkeit bestand darin, den Entwurf eines Bauwerkes, welches an eine bestimmte Nutzung und einen Standort gebunden war, aufgrund der Verhältnisse und der Bauaufgabe mit GFK realisieren zu wollen. Dies trifft auf den Ausstellungspavillon der Expo '64 in Lausanne [1964/07], das Futuro [1968/05] und den Internationalen Flughafen in Dubai [1971/26] zu. Hierzu zählt ebenso der Anspruch Buckminster Fullers, der seine Phantasie Realität werden lassen wollte, mit den Ansprüchen an Ausdruck und Leichtigkeit, die er wünschte. Die zweite Herangehensweise bedeutete die Suche des Architekten, Ingenieurs, beziehungsweise in einem Falle des Handwerksmeisters nach einer Gebäudelösung aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Dieser Herangehensweise sind in der Mehrzahl Wohnbauten zuzuordnen, welche auf die konstruktiven und nutzungsbedingten Anforderungen hin entworfen wurden. Hier sind als Beispiele das Bulle Six Coque [1967/09] und das fg 2000 [1968/01] zu nennen, aber auch die Tankstelle Thun [1960/08].

3.1 Baumeister

Einige der Pioniere können aufgrund ihrer interdisziplinären Arbeit, der Aufgeschlossenheit anderen Berufsinhalten gegenüber und vor allem ihrer Arbeitsweisen als Baumeister bezeichnet werden. Sie beachteten bewußt die Anforderungen des Tragwerkes, des Materials und der Nutzung und vereinten dies zu einem Ganzen, unabhängig von ihrer Ausbildungsrichtung. Zu ihnen gehörte der bekannte Generalist Buckminster-Fuller (1895-1983), die Ingenieure Z.S. Makowski (*1922), Heinz Isler (*1926), Heinz Hossdorf (1925-2006) und Stefan Polónyi (*1930), die Architekten Renzo Piano (*1937) und Ionel Schein (1927-2004), Stephane DuChâteau (1908-1999) der beide Studiengänge absolvierte und der Handwerksmeister Wolfgang Feierbach (*1937).



Buckminster-Fuller
1895-1983



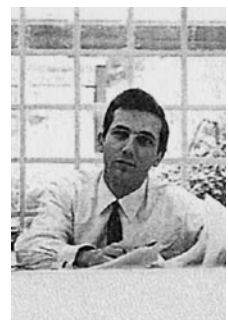
Z.S. Makowski
*1922



Heinz Isler
*1926



Heinz Hossdorf
1925-2006



Renzo Piano
*1937

Die 1950/60er Jahre waren eine für die Architektur bereichernde Zeit. Ingenieure und Architekten strebten gleichermaßen nach einer neuen Architektur für die moderne Gesellschaft, nach neuen Städten und neuer Technik. Hierbei waren die Ingenieure die Triebfedern der strukturalen Architektur, der Architektur-Skulptur [Ragon, 1968, 91], der Schalenbauten und räumlichen Tragwerke.

„Niemals seit der Gotik hat sich die Schönheit einer Architektur so sehr auf die Beredsamkeit ihrer Strukturen berufen. Torroja spricht übrigens ausdrücklich von 'struktureller Kunst', was in der Tat exakt

auf jene Ingenieurskunst zuzutreffen scheint, die die zeitgenössische Architektur häufig ist.” [Ragon, 1968, 9]
Das Ineinandergreifen von Ingenieurskunst und Architektur bringt den Baumeister auf den Plan, der sich für das Gesamtbild eines Bauwerkes interessiert.

Wie Pieter Huybers in seiner Dissertation [Huybers, 1972] feststellte, hatte die Architekturarbeit während des letzten halben Jahrhunderts, also seit Beginn der Moderne, eine starke Spezifizierung erfahren. Der Architekt übernahm die ästhetische Arbeit und der Ingenieur die Statik, woraus folgte, daß sich die Berufsgruppen stark voneinander entzweiten. Ein Dialog wurde letztendlich unmöglich, da sie kein gemeinsames Vokabular mehr hatten. Daß dieser Dialog aber notwendig sei, belegte er durch Zitate bekannter zeitgenössischer Ingenieure wie Torroya, Nervi und Leonhardt, letzterer bemerkt:

„In den letzten Jahrzehnten sind unter den Bauingenieuren der Richtung des konstruktiven Ingenieurbaus Veränderungen vorgegangen, die nicht ganz zum Vorteil des Berufsstandes und unserer Bauwerke ausfielen. Die statischen Berechnungen wurden zunehmend dicker, während das Interesse am Konstruieren mehr und mehr nachließ.“ [Zitat in Huybers, 1972, 2]

Auch in Vorträgen und Publikationen von Stefan Polónyi [Polónyi, 2003], Heinz Hosssdorf [Hosssdorf, 2003] und Stephane DuChâteau [DuChâteau, 1967] kann man warnende Stimmen erkennen. Nicht die Spezialisierung als solche wird angeprangert, sondern der verhinderte Dialog, das Unverständnis zwischen Architekten und Ingenieuren, die Absonderung schon während der Ausbildung, obwohl doch gerade beide Berufsgruppen und ihr gemeinsames Arbeiten für eine ausgewogene Architektur wichtig sind. Die Baumeister der Pionierzeit des Bauens mit GFK erkannten die Gefahr der starken Entzweiung beider Disziplinen für die Architektur und begegneten ihr durch aufklärende Artikel und vorbildhafte Realisierungen. So auch Curt Siegel, der 1960 erkennt:

„Ein späterer geschichtlicher Rückblick wird vielleicht von einem Umbruch sprechen, an dem der Ingenieur seinen Denkprozeß von der Ebene in den Raum hinaus erweiterte. Damit nähert sich der Ingenieur der eigentlichen Domäne des Architekten, der Gestaltung von Räumen. Es ist zu wünschen, daß sich beide hier in Zukunft mehr und mehr begegnen.“ [Siegel, 1960, 177ff.]

Das sich im 19. Jahrhundert durch den Gußeisen- und Stahlbau entwickelte Ingenieurwesen näherte sich also durch den Stahlbeton und die GFK in den 1960/70er Jahren wieder der Architektenprofession an, auch wenn diese Annäherung nur wenige Architekten und Ingenieure betraf. Der Aufruf zur Korrektur der Abspaltung wurde nur in wenigen Fällen innerhalb der Ausbildung aufgenommen, wie zum Beispiel des von Stefan Polónyi beeinflussten Darmstädter Modells.

Laut Stephane DuChâteau bedurfte es in dieser Zeit der schnellen Entwicklungen der Techniken und der neuen Materialien wie Leichtmetall und Kunststoff, Baumeistern, die weder das Tragwerk noch die Architektur aus dem Blick verloren [DuChâteau, 1967]. Auch Polónyi spricht von einer Baukunst. Diesen Begriff verwendet auch Fritz Neumeyer in seinem Vorwort zu Polónyis Werkbuch:

„Eine Baukunst ohne die Kunst des Bauens, nämlich des sinnvollen Zusammenfügens von fester Materie zum Zweck möglichst dauerhafter Raumumschließung, kann es nicht geben. Baukunst ist eine Kunst der Notwendigkeit, deren Reich der künstlerischen Freiheit nicht im möglichst gekonnten Aus-dem-Wege-Gehen von Zweck und Notwendigkeit sondern in der tatsächlichen Bewältigung und Bemeisterung und dem Transzendieren dieser Gegebenheiten liegt.“ [Polónyi, 2003]



Salginatobel-Brücke, Robert Maillart, 1930
[Bühler, 2004]

Kirche Sankt Joseph der Handwerker,
Monterrey, Staat Nuevo Leon

Ing.: Felix Candela [Faber, 1965, 221]

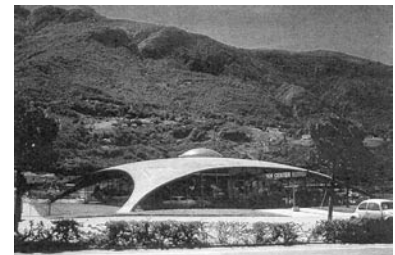
Aber diese Annäherung wurde auch als Überlegenheit der Ingenieure ausgelegt, so daß sich letztendlich die Architekten zu einer Rechtfertigung ihres Berufsstands genötigt fühlten.

„Der Architekt, der von den Schöpfungen der technischen Entwicklungsstätten, in denen er nur noch die Rolle des Ingenieur-Beraters einnimmt, erschreckt ist (der Ingenieur ist es leid geworden, Architekten zu beraten, die ja nichts anderes mehr tun, als seine bewundernswerten Konstruktionen mit altem Plunder zu verkleiden), der überschwemmt wird von neuen Techniken, erkennt, daß fast alle großen Schöpfer der Formen des 20. Jahrhunderts Ingenieure sind – wie Freyssinet, Lafaille und Le Ricolais in Frankreich, Nervi in Italien, Torroja in Spanien, Maillart in der Schweiz, Buckminster Fuller in den USA, Candela in Mexico –, ...“ [Ragon, 1963, 33]

Eigenartigerweise und das erkannte Michel Ragon ebenso, sind die solcherart angegriffenen Architekten keineswegs immer in der Lage, ihren Berufsstand zu verteidigen oder ihn an die veränderte Situation anzupassen. Die Vorstellung des „Erlöser-Architekten, der die Botschaft des alleinseligmachenden Designs in das Chaos der Welt trägt.“ [Pehnt, 1970, 13] ist hierbei genauso überkommen, wie das Schreckenszenario eines gegängelten unterwürfigen Sklaven der Bauindustrie.

Jürgen Joedicke brachte den Unterschied zwischen klassischen Ingenieur- und Architekturentwürfen sehr gut und sachlich in seinem Buch *Schalenbau* zum Ausdruck:

„Solange sich die Anwendung auf den reinen Ingenieurbau beschränkte, waren die Probleme begrenzt und überschaubar. Sie betrafen konstruktive, statische und wirtschaftliche Fragen. Die Architektur jedoch kann sich nicht auf diese Probleme beschränken; für sie sind Raumgestaltung, Formenausdruck und Aufgabenerfüllung mindestens ebenso wichtig wie Fragen der Stabilität und Wirtschaftlichkeit. (...) Die Form hat nicht nur eine Funktion zu erfüllen oder richtig konstruiert zu sein, sie muß darüber hinaus ausdrücken, was als Idee im Bauwerk lebt.“ [Joedicke 1962]



Garten-Center, C. Bürgi, Camorino Heinz Isler, 1973 [Schunck, 2002, 65]

Wolfgang Pehnt erkannte jedoch:

„Die alte Rolle erschwert die neue. Denn der Glaube an den absoluten Wert der guten Form, wie ihn der Werkbund seit seinen frühesten Tagen predigte, hat das Verhältnis zwischen den Leuten vom Bau und ihrem Publikum nicht verbessert. Das Evangelium von der moralischen Form war es, das Architekten und Designern das apostolische Pathos aufnötigte und sie noch heute daran hindert, die andere, nützlichere Aufgabe fachmännischer Ratgeber zu übernehmen.“ [Pehnt, 1970, 13]

Seine Definition eines Architekten, eines 'Partners der Industrie, Teilnehmer an interdisziplinären Gesprächen mit Unternehmern, Betriebswirtschaftlern, Ingenieuren der verschiedensten Fachrichtungen, Kybernetikern, Biologen, Klimatologen, Anthropologen, Physio- und Psychologen, Soziologen, Politikern` stellt erhöhte Anforderungen an den Architekten und insbesondere an seine Ausbildung [Pehnt, 1970, 13].

Wie im Kapitel 2. *Die Pionierphasen* Abschnitt 2.2 erläutert, war das Studium also nicht nur auf den Gebieten der Materialien stark überholungsbedürftig, sondern nun auch auf den Gebieten der Kompetenz und Arbeitsweisen. Daraus entwickelte sich eine verstärkte Aufsplitterung des traditionellen Architektenberufes auf einen entwerfenden beziehungsweise einen wirtschaftlichen Schwerpunkt. Die oben dargestellte Diskussion verdeutlicht aber, daß es für die Qualität eines Bauwerkes wichtig ist, daß alle Spezialisten gleichberechtigt zusammenarbeiten, oder daß sich die Wissensgebiete in einem Baumeister vereinen. Erst die gegenseitige Achtung und das Verständnis aller Aufgabenfelder ließen und läßt gelungene Bauten entstehen.

Das Konstruieren mit GFK ist hierbei genauso anspruchsvoll wie mit dem innerhalb der Schalenbauten verwendeten Stahlbeton, denn der Architekt mußte sich auf diese neuen Tragwerke einlassen, sie in dem Maße erlernen zu beherrschen oder zu nutzen, wie es ihm im Falle der traditionellen Tragwerke mit Stützen und Wänden gelang. Der Architekt muß also Bereiche des Ingenieurs betreten, genauso wie Ingenieure Bereiche der Architekten überblicken sollten.

Besonders hervorgehoben werden müssen Ingenieure und Architekten, die mit glasfaserverstärkten Kunststoffen arbeitenden. Von Islers Beton-Schalenbauten wurde zum Beispiel nie als reine Ingenieurbauwerke gesprochen, sondern sie wurden als moderne Architektur anerkannt. Für ihn als Ingenieur entstanden Formen aus wissenschaftlichen Studien, aber er betonte, diese immer auch unter dem Gesichtspunkt der Schönheit und des Gebrauchs entwickelt zu haben [Schunck, 2002]. Das Kriterium der Tragwerke und des Materials waren für ihn allerdings immer die absoluten Werte, welche nicht vernachlässigt oder gar verfälscht werden durften, da das Gebäude ansonsten nicht mehr die Leichtigkeit hätte erreichen können. Seine Bauten aus GFK zeigten den gleichen Anspruch an Tragwerk und Material. Vereint mit dem Nutzen, entstanden optimale, grazile und leistungsstarke Bauwerke, die zudem wirtschaftlich konkurrenzfähig waren.

Innerhalb der Berufsgruppe der Architekten wurde das Interesse am Tragwerk verstärkt hervorgehoben, was bedeutete, daß es von Seiten der Ingenieure als nicht alltäglich gewürdigt wurde. Beispielweise ist über die Arbeit von Renzo Piano zu lesen: „Seine Bauten sind nicht nur äußerlich schön. Sie sind auch funktional und überzeugen in ihrer Struktur.“ [Makowski, 1970, 113]

Die Arbeit am Modell und in Versuchslabors war besonders für die an der ETH Zürich ausgebildeten Ingenieure Heinz Isler und Heinz Hossdorf zu einem Grundstein ihrer Arbeitsweise geworden. Islers Professor Pierre Lardy (1903 bis 1958) war von den Ideen Eduardo Torrojas (1897 bis 1961) angezogen, der betonte, daß Projekte mit einem Modell beginnen sollten. Lardy ließ daher eine Modellbauwerkstatt entwickeln, in der Isler anhand der ersten Experimente nicht nur erkennen konnte, wie die Formen später aussehen würden, sondern auch wie notwendig eine sorgfältige Vorgehensweise ist, um aus den Modellen das nützliche technische Verständnis ziehen zu können. Isler und Hossdorf richteten sich jeweils ein privates Versuchslabor ein. Diese verliehen ihnen die gesuchte Freiheit, ihre Entwurfsideen losgelöst von üblichen Theorien, Normen und fremden Ratgebern nach eigenem Ermessen zu überprüfen [Schunck, 2002], [Hossdorf, 2003].

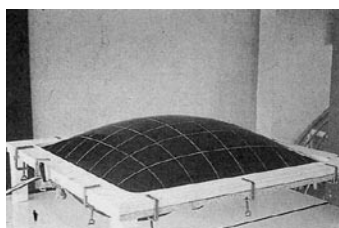
Außerdem beeinflusste Isler die Beharrlichkeit, mit der Lardy ästhetische Gesichtspunkte für das Konstruieren geltend machte und diskutierte mit Lardy auch dessen Philosophie „daß jede Struktur zuerst Ganzes und erst dann in seinen Bestandteilen zu betrachten ist.“ [Billington, 1986]

Isler entwickelte den experimentellen Weg um Schalenformen zu erhalten. Erstmals stellte er diesen auf dem 1959 stattfindenden IASS Kongreß seinen Kollegen vor:

„Drei Möglichkeiten, wie man zu Schalungsformen kommt:

Der frei geformte Hügel, dessen Schalungsform zum Beispiel aus modellierter Erde oder Sand besteht. Die unter Druck stehende Membrane, die aufgeblasen die richtige Form bildet. Das durchhängende Tuch, das versteift umgedreht wird. Die Durchbiegung des Stoffes bestimmt die Form, gerade so wie ein hängendes Seil die Seillinie bestimmt.“ [Schunck, 2002]

Islers experimentelle Arbeitsweise, mit einfachen Mitteln anspruchsvolle Tragwerke zu entwickeln und anschließend die Serienproduktion an Firmen abzugeben, war und ist vorbildhaft. Seinen Wissensdrang und seine Energie nutzte er immer für die Entwicklung von neuen Konstruktionen und wirtschaftlichen Herstellungsverfahren.



Modellieren mit Sandhügel [Isler, 1975, 15], Gummimembran unter Innendruck, hängendes Tuch

[Schunck, 2002, 42, 85]

Neben der Beschäftigung mit dem großen Gebiet der Schalenbauten suchte Heinz Isler auch nach einer Lösung, große Spannweiten mit einer ebenen Platte aus GFK zu überspannen. Hierfür entwickelte er, wiederum experimentell, ein eigenes Sandwichsystem, welches auf quadratischen, wabenförmigen oder runden Grundelementen basierte. Der erste Experimentalbau, das Dach eines Wochenendhauses [1959/09], diente ihm dazu, die Herstellungstechnik zu überprüfen:

„Das gebräuchliche Verfahren besteht darin, einen Raster in die flüssige Bodenschicht einzulegen. Nach Erhärten wird das Ganze umgewendet und auf eine zweite, flüssige ebene Schicht gelegt. Nach Erhärten ist eine hohle Rasterplatte entstanden, die eine sehr große Steifigkeit aufweist. ... Wir hatten aber die Rechnung ohne die Bodenunebenheiten und ohne den Verzug des ersten Teilstückes gemacht. Trotz intensiver Belastungen bekamen nur etwa 30 % der Stege Kontakt und Verschweißung. In großer Geduldsarbeit mußten die fehlenden Nähte durch Handlöcher in jedem zweiten Kastenfeld nachgeholt werden.“

[Isler, 1975]

Die verbesserte Herstellungstechnik, nun ohne das Wendemanöver, konnte er bereits 1960 während der Herstellung der 14 m x 22 m großen Sandwichplatte der Tankstelle Thun [1960/05] durchführen. Die entscheidende Verbesserung bildeten die federleichten kubischen Kassetten (0,7m x 0,7 m x 0,25 m) mit 1 mm Wandstärke, welche in zwei Schichten auf die Bodenplatte geklebt wurden. „Sauberkeit war dabei oberstes Gebot, da nachher die kleinste Verunreinigung oder Luftblase von unten sichtbar sein würde.“ [Isler, 1975]

Aber nicht nur in der Schweiz und unter den Ingenieuren erkannte man den Vorteil einer experimentellen, forschenden Arbeitsweise. Auch der Architekt Renzo Piano nutzte dieses Wechselspiel von theoretischen Hypothesen und deren experimenteller Überprüfung.

„Eine solche Vorgehensweise ermöglicht einerseits die konstante Kontrolle des Endproduktes, andererseits ergibt sie Denkanstöße für neue Hypothesen. Ziel der Methode ist die Synthese von Funktion, Material und Form. Innerhalb dieses Prozesses spielt das Material eine besondere Rolle, weil seine sinnvolle konstruktive Umsetzung in bezug auf Funktion und Form maßgebend ist. (...) Das Experimentieren ermöglicht das Kennenlernen der Materialeigenschaften und die damit verbundenen technischen Probleme, sowie den Vergleich von Fertigungstechnik und Herstellungsaufwand. Das Ergebnis ist eine Optimierung dieser Faktoren unter Einbezug von architektonischen Entscheidungen und vielen Randbedingungen.“ [Compagno, 1991, S. 9-10]

Beispielsweise untersuchte Piano in Zusammenarbeit mit seiner Forschungsgruppe den glasfaserverstärkten Kunststoff als Zugmembrane. Einen Lagerraum in Genua [1968/20] überdachte er mit einer 40 m x 60 m im Raster 10 m x 10 m gespannten Struktur aus Stahl und GFK. Die Schwierigkeit der Herstellung und des Transportes aufgrund der großen Einheiten umging er, indem kleinere Einheiten auf der Baustelle zu größeren Einheiten zusammengefügt wurden, und zwar durch herausstehende, übereinandergreifende Glasmatten die erst vor Ort mit Polyesterharz getränkt wurden. Auf diese Weise konnte Piano eine große kontinuierliche GFK-Membran ohne große Schwierigkeiten auf der Baustelle herstellen. Mit Versuchen konnte er nachweisen, daß die mechanische Stärke der Fugen genügen, um den ausgesetzten Lasten zu widerstehen [Makowski, 1970, 117].

3.2 Architekten

„Die neue Freiheit der Formen wird eine Gefahr für die Schwachen, aber auch eine ungeheure Bereicherung der Gestaltungsmöglichkeiten bringen; die Umgebung des Menschen wird endlich allen seinen Bewegungen angepaßt werden können und wird so ein neues Wohlbefinden schaffen helfen. Dies und seine freiere Formbarkeit machten ihn für junge Architekten und Ingenieure so spannend. Das Bauen wird nun endlich frei von 'Imitationsmaterialien'. Dies ist eine ganz natürliche Entwicklung. Ein neues Material ruft nach neuen Formen, neuen Einsatztechniken; es schafft neue Bedürfnisse.“ [Schein, 1957, 59]

Das Bauen mit GFK bedeutete nicht nur eine Bereicherung der Architekturlandschaft, sondern eröffnete auch zahlreichen Architekten und Künstlern eine völlig neue Ausdrucksweise. Keine andere Werkstoffgruppe wie der Kunststoffe gab dem entwerfenden und realisierenden Fachmann eine solche Freiheit, seine Vorstellungen Realität werden zu lassen. Denn im Gegensatz zum Bauen mit Stahlbeton waren die Bauten aus GFK leichter und dadurch filigraner und mobil, zudem farbig, bis hin zu Transluzent.

Historische Vorbilder aber auch gestalterische Einflüsse auf die Architektur der 1950-70er Jahre, speziell der GFK-Bauten, werden im Kapitel 5. *Die Architektur / Formfindung* erläutert. Grundsätzlich waren Architekten an Wohnnutzungen interessiert. Daher entstanden durch ihre Hand Wohnhäuser/Zweithäuser und Raumzellen, aber auch Fassadenvarianten für den Geschosßwohnungsbau und für öffentliche Bauten. Ihre Ansprüche lagen in der Verquickung von Material, Herstellungstechnik und Nutzungsanforderungen, samt einem modernen, ausgewogenen Äußeren.

Die Architekten des Atelier 4 [1970/07], der Designgruppe A.U.A. [1971/01] und Franz Ulrich Dutler (geb. 1927) suchten aus eigenem Interesse heraus eine eigene Lösung für das neue Wohnen in einem Kunststoffhaus. Dutler beschrieb seine Bedenken wie folgt:

„Die bisher bekannten Lösungen schienen mir in aller Regel in zwei Kategorien zu fallen; nämlich in solche Lösungen, bei denen herkömmliches Material lediglich durch Kunststoffe ersetzt wurde, ohne daß man dabei den Möglichkeiten dieser Werkstoffe gerecht wurde, sowie in so futuristische Arbeiten, daß sie für das Wohnen des Menschen in unserer Zeit nicht in Frage kamen.“ [Attraktion, 1970]

Sein Röhrenhaus [1969/10], welches ein gelungenes Beispiel einer aus der Herstellungstechnik heraus entworfenen Architekturform darstellte, bestach auch wirklich durch ein ansprechendes, ausgewogenes Äußeres und war die einzige Raumzelle, die ausreichend Platz für den Aufenthalt von vier Personen bot. Trotzdem wurde nur der Prototyp realisiert, da sich Dutler gegen eine Siedlung dieser Röhrenhäuser gewehrt hat [Voigt / Dutler, 23.09.2004].



Franz U. Dutler, 1969
[BASF, 1970]
Angelo Casoni, 1970
[Casoni Archiv]

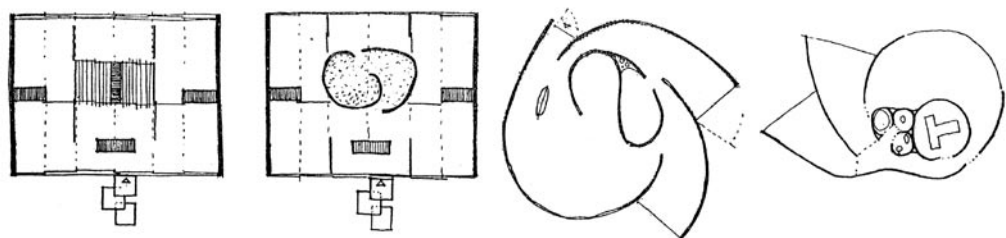
Den Architekten Mario Scheichenbauer interessierte vornehmlich die Entwicklung von Serientypen, die in Italien industriell hergestellt und vertrieben werden konnten (OGAMMA [1965/01], CEPLI [1969/15] und das PONZA [1971/03]) [Scheichenbauer, 1974]. Scheichenbauers Projekte basierten auf der komplexen Formgebung der Kunststoffe, ein einziges GFK-Element konnte verschiedene Funktionen wie die der Dachabdeckung und Abdichtung erfüllen, aber auch Hauptstütze, Sekundärgerüst, Kehle, Fallrohranschlußstutzen, Dachrinne sein. Die Grenze der vielfältigen Funktionen ist bei Kunststoffen sicherlich die weiteste von allen Baustoffen. Wichtig war ihm aber, daß sich dies nicht in den Herstellungskosten widerspiegelt. Um dies zu sichern, mußte ein größerer Vertrieb, das hieß höhere Produktion und weiterer Transport ermöglicht werden, was durch das geringe Gewicht der GFK-Bauelemente begünstigt wurde. Zudem war die Zeit für den Aufbau eines Montagesystems gegenüber konventionellem Bauen auf ein Drittel reduziert, bei dem zehnten Teil der Arbeitskräfte [Scheichenbauer, 1974].

3.3 Forschungsgruppen

In den 1950/60er Jahren war es für die Pioniere eine große Herausforderung mit glasfaserverstärkten Kunststoffen zu bauen. Sie mußten sich nicht nur mit den gängigen Problemen der Nutzung, des Standortes und der Standzeit auseinandersetzen, sondern wollten auch die neuen Formmöglichkeiten bei gleichzeitiger Verwendung identischer Bauteile integrieren. Schon während des Entwurfsprozesses mußten die Herstellungstechnik, der Transport und der Aufbau bedacht werden. Der Wunsch nach variablen oder mobilen Bauten schuf zusätzliche konstruktive Vorgaben. In der Mehrzahl der Fälle waren es daher interdisziplinäre Gruppen, in denen Architekten, Ingenieure und Chemiker zusammen an einer optimalen Gebäudelösung, an der neuen und noch zu definierenden Architektur mit glasfaserverstärkten Kunststoffen forschten. Dies konnten private, industriell unterstützte oder auch an Universitäten gegründete Vereinigungen sein.

Die erste bekannte Forschungsgruppe in Europa war die unabhängige in Boulogne-Billancourt, Frankreich arbeitende Gruppe um den Architekten Ionel Schein. Sie nannten sich CEBUMS (Centre d'étude du bâtiment pour l'utilisation des matières de synthèse) [Schein, 1957]. In dieser arbeiteten der Ingenieur Y. Magnant und der Architekt R. A. Coulon. Magnant besaß ein eigenes Ingenieurbüro, war aber eher ein Chemieingenieur als ein Statiker [Bancilhon, 2004]. Die Zusammenarbeit war eine kurze (1955-58) aber für den GFK-Bau eine sehr fruchtbare. Das sogenannte französische Schneckenhaus [1956/04] war ihre erste und auch berühmteste Realisation. Es bezog die Entwurfsidee und die Nutzungsanforderungen, aber auch die Serienproduktion der Elemente und die Formgebungsmöglichkeiten des Materials GFK mit ein. Das französische Schneckenhaus zeigte deutlich die Einschränkungen, der die GFK-Gebäude während des Entstehungsprozesses, aber auch aufgrund der ungewohnten Freiheit der möglichen Formen unterworfen sind.

Die ersten Skizzen verdeutlichen den Werdegang von einer traditionellen Hausform eines Quadrats zu freier organischer Form, mit dem Gedanken eines Schneckengehäuses zu den mathematisch bestimmbar, aus identischen Elementen bestehenden Baukörpern der Realisation. Die innenliegende Naßzelle konnte aufgrund ihrer einmaligen Ausführung eine größere Freiheit der Form beibehalten.



[Schein, 1957]

Ionel Schein bewies, daß ein Gebäude aus GFK realisierbar und vor allem benutzbar und architektonisch ansprechend sein kann. Seine kurz hintereinander entwickelten und als Prototypen realisierten Raumzellen [1956/02], [1957/02] unterstrichen diese Aussage nochmals. Auch wenn keines dieser Projekte jemals verkauft und seriell produziert wurde, so hatte Ionel Schein doch den Weg für das Bauen mit Kunststoffen in Europa entscheidend geprägt und gilt bis heute als Vorbild.

In den USA nutzte die Monsanto Chemical Company das fachliche Wissen und die Forschungsmöglichkeiten des Massachusetts Institute of Technology (MIT). Ergebnisse der Zusammenarbeit waren das Monsanto House [1957/01] und die Elementary School [1959/06]. Am Monsanto House arbeitete eine unabhängige Gruppe, bestehend aus den Architekten Richard W. Hamilton und Marvin E. Goody (gemeinsames Architekturbüro in Cambridge), den Ingenieuren des MIT Albert G.H. Dietz (Leiter des Department of Building Engineering and Construction's Plastic Research Laboratory), McGarry (Assistant Professor of Materials), Frank J. Heger Jun. (Assistant Professor of Structural Design), weiteren zehn Ingenieuren der Plastic Division Monsanto Chemical Co. und den Designern (V.G. Canzani und Henry Dreyfuss [Dietz, Final Report,

1957].

Innerhalb der University of Surrey, Guilford, GB am Department of Civil Engineering gründete Z. S. Makowski die Structural Plastics Research Unit, in der unter anderem B.S. Benjamin, D. Robak und R.C. Gilkie mitwirkten. Zwischen 1963 und 1969 führten sie Konstruktions- und Tragversuche für Faltragwerke, zum Beispiel Tonnengewölbe, Pyramidenstrukturen und leichte Raumtragwerke in GFK durch [Makowski, 1968]. Z.S. Makowski war der Vorreiter aller Entwicklungen auf dem Gebiet der räumlichen Falterwerke unter Verwendung von glasfaserverstärktem Kunststoff. Renzo Pianos Wissen über Raumstrukturen gründen sich auf seine Studien an der University of Surrey [Piano, 1997, 22].

Der italienische Architekt Renzo Piano (geb. 1937) kam bereits 1962 durch Giordano Forti mit den glasfaserverstärkten Kunststoffen in Kontakt und entwarf in dessen Forschungsgruppe, gemeinsam mit Huet, Foni und Rueggeri ein vorfabriziertes Kunststoffhaus für die erste Internationale Ausstellung für Vorfertigung in Mailand 1962 [Makowski 1970, 114]. In diesem wurden monofunktionale Objekte untersucht, da ihre Nutzungsprogramme sehr einfach sind. Ziel war es, Baukastensysteme mit einer geringen Anzahl von Grundelementen zu entwickeln, welche einfach in der Fertigung und Montage waren, zudem stapelbar und dadurch sehr günstig für den Transport.

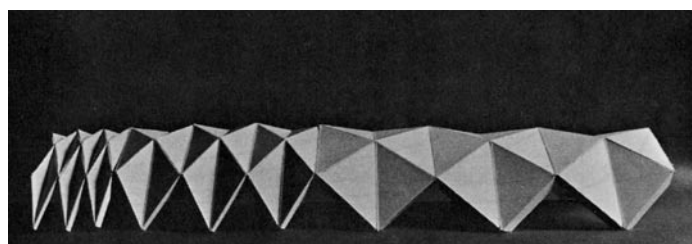
„Dieser frühe Kontakt mit Kunststoffen spielte in der späteren Entwicklung von Renzo Piano eine große Rolle. Schnell erfaßte er das Potential des neuen Materials, und mit einer Begeisterung, die nur der Jugend vorbehalten ist, entschied sich Piano, die architektonischen Möglichkeiten der Kunststoffe zu erproben.“ [Makowski, 1970, 113].

Im Jahr 1964 gründete Piano sein eigenes Forschungs- und Planungsinstitut für Kunststoffe mit R. Foni, G. Garbuglia, L. Tirelli und M. Filocca in Mailand [Makowski, 1970, 113]. Der Forschungsschwerpunkt dieser Gruppe lag auf industriellen Produktionsmethoden.

Pieter Huybers, Technische Universität Delft, NL, war aufgrund der Verwandtschaft seiner Entwicklungen mit denen innerhalb der Universität von Surrey in Kontakt mit Prof. Dr. Z.S. Makowski [Huybers, 1972]. Er analysierte die bis dahin entwickelten Falterstrukturen von Z.S. Makowski, B.S. Benjamin und R. Piano (Italien). Diese Analyse umfaßt die mathematischen und geometrischen Variationen von Strukturen aus Kunststoff, mit dem Schwerpunkt GFK. Er arbeitete innerhalb der 1962 von Prof. Wildschut gegründeten Plastic Structures Research Group am Stevin Laboratorium der Universität Delft an weitspannende Konstruktionen aus GFK und erlangte 1972 mit der Dissertation „See-through structuring : a method of construction for large span plastic roofs.“ den Dokortitel [Huybers, 1972]. Huybers Untersuchungen sind allerdings keine rein theoretischen Betrachtungen des Problems, sondern mit zahlreichen Prototypen und Versuchsreihen unterlegte Studien zu Konstruktion und Verbindungstechniken. Sein Interesse lag auf den strukturellen Formmöglichkeiten. Seine Konstruktionen aus GFK bestehen aus relativ kleinen, identischen doppel-schaligen Elementen, welche zu gefalteten Dachstrukturen kombiniert wurden. Diese sind in verschiedenen Konfigurationen realisierbare Strukturen. Verändert man die Form oder Dimension der Elemente, so erhält man nicht nur flache, sondern auch einfach oder doppelt gewölbte Überdachungen.

Den konstruktiven Schwerpunkt setzte er auf die Falterwerke, da hier vielfältige Geometrien der Elemente in Abhängigkeit von Elementgrößen, Formen, Rastern (dreidimensional), Radien und Durchmessern der Überdachungen und Spannweiten möglich waren. [Huybers, 1972]

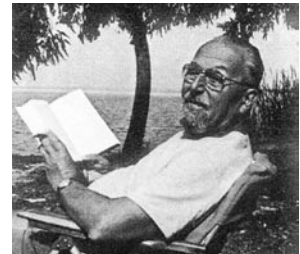
Model showing 3 different $\alpha - \gamma$ relations
for similar radius
[Huybers, 1972, 51]



Eine weitere Variante der Entwicklung von GFK-Bauten war, daß Chemische Firmen eigene Architekturabteilungen gründeten, in denen Architekten und Ingenieure firmeneigene Entwicklungen erforschten und patentierten. Zum Beispiel die Herstellerfirma Mickleover Transport Ltd., London, GB. Sie produzierte seit 1948 Fahrzeugkarosserien für Isolier- und Kühlfahrzeuge mit GFK als tragenden Werkstoff und hatte daher zahlreiche Erfahrungen auf diesem Gebiet gesammelt [Williams, 1971]. Aufgrund der 1961 für die British Railways produzierten Relaisstationen [1961/02], entwickelt von der Architekturabteilung der British Railways (Eastern Region) vom Architekten Arthur Quarmby, baute sich die Firma ein weiteres Standbein im Baugewerbe auf. Sie arbeiteten kontinuierlich an Entwicklungen von Gebäudehüllen, wie das Clamp System [1968/09] und dem Schweppes Tunnel [1968/24] oder Überdachungen, wie einem System für das Derriagh Garden Centre [1965/10], der Sportstadt in Benghazi, Libyen [1968/24] und dem Terminal des International Airport in Dubai, Arabische Emirate [1971/25].

Quarmbys weitere Arbeit innerhalb der B.P.Chemical P.L.C. verdeutlichte aber ein großes Problem der Kunststofffirmen. Sie unterhielten Forschungsgruppen zur Entwicklung von Anwendungen und wollten diese Projekte dann an andere Hersteller abgeben. Die interessierten Unternehmen waren skeptisch, warum B.P. nicht selbst das Produkt produzierte. B.P. konnte dies aber nicht, da ansonsten der Eindruck entstanden wäre, sie würden den Kunststoff an die eigenen Leute billiger abgeben und somit den Markt unterwandern. Quarmby bezeichnete dies als sehr deprimierend [Quarmby / Voigt, 14.03.2005].

Neben den praktisch tätigen Forschungsgruppen gründete sich bereits 1957 innerhalb des Deutschen Architekten- und Ingenieurverbandes (DAI), BRD der Arbeitskreis 'Bauen mit Kunststoffen' [Umschau, 1957]. Dessen Umwandlung in das Institut für Bauen mit Kunststoffen e.V. (IBK) im Jahr 1965 verdeutlichte den Erfolg, zeigte aber vor allem, daß diese Vereinigung von Fachleuten gebraucht wurde [Schwabe, 1973, 44]. Die Leitfiguren dieser Vereinigung waren Amtor Schwabe (geb. 1907) und Hansjürgen Saechtling (geb. 1904).



[IBK, 1976, 123], [Schwabe, 1979, 40]

Der Arbeitskreis, zunächst mit rund 20 Vertretern aus Forschung, Kunststoff-Industrie, Bauwirtschaft und Architektenschaft, definierte als Nahziel die Beratung der laufenden Entwicklungsarbeiten der Kunststoffindustrie durch Baufachleute, die Bearbeitung von Sonderaufgaben in der Kunststoffanwendung und eine umfassende technische Aufklärung für die schnell wachsende Verwendung von Kunststoffen im Bauwesen. Das Weitziel bestand in der Gemeinschaftsarbeit von Industrie und Architekten für die Entwicklung leichtester Montagebauweisen aus tragenden und raumbildenden Kunststoffelementen [Umschau, 1957].

Die satzungsgemäße Aufgabe des IBK umfaßte „die Möglichkeit der Rationalisierung durch die Anwendung von Kunststoffen im Bauwesen auf technisch wissenschaftlicher Grundlage zu untersuchen und ihre sinnvolle und werkgerechte Verwendung zum Nutzen der Allgemeinheit, insbesondere zur Verbesserung und Verbilligung des Wohnbaues zu fördern“ [Umschau, 1957]. In enger fachlicher Zusammenarbeit mit gleichgerichteten Gremien der Arbeitsgemeinschaft Kunststoffindustrie sicherten sie die Basisarbeit für die Vermittlung von Grundkenntnissen durch Lehrmittel, Lehrmustersammlungen, Dozentenseminare für (Fach-)Hochschulen und einer IBK-Dokumentation der Kunststoffherzeugnisse für den Baumarkt von Amtor Schwabe [Forster, 1977]. Schwabe verbreitete das gesammelte Wissen zudem auf Internationalen Studien- und Vortragsreisen.

Das IBK hatte Kontakt zu Forschungsinstituten innerhalb Westeuropas, zum Beispiel in den skandinavischen

schen Ländern, Großbritannien, Belgien, Frankreich, Italien und Spanien, Österreich und der Schweiz, in osteuropäische Länder, wie die DDR, ČSSR, Polen, Ungarn, Rumänien, Bulgarien und die UdSSR, zudem in die USA, nach Kanada, Argentinien, aber auch nach Israel, in die Türkei, Japan, Australien und Neuseeland [Saechtling, 1973, 586-588].

Dank dieser internationalen Verbindungen Amtor Schwabes gründete sich 1967 anlässlich der Deutschen Kunststofftagung der International Club for Plastics Use in Building and Building Engineering (I.C.P.) [Schwabe, 1977]. Die Vereinigung war ein kollegialer Zusammenschluß von Fachleuten aus der ganzen Welt. Bereits 1977 hatte sie 104 Mitglieder aus 24 Ländern in fünf Kontinenten. Baurat Amtor Schwabe war in dieser Vereinigung, die heute nicht mehr existiert, von 1970 bis 1977 Präsident [I.C.P., 1977]. Er betonte, daß zur konstruktiven Weiterentwicklung des Bauens mit Kunststoffen sowohl die genau erforschte und geprüfte Kenntnis der Materialien gehöre, als auch die phantasievolle Kreativität der konstruktiven Gestaltung. Dies galt nicht nur für kühne Bauwerke, sondern auch für die mannigfachen baulichen Anwendungsmöglichkeiten des Alltags. Er appellierte zudem an die Mitglieder, trotz der weiten Distanzen die enge Zusammenarbeit zu pflegen.

Neben den rein projektbezogenen Forschungsabteilungen und Vereinigungen von Fachleuten für das Bauen mit Kunststoffen gab es auch zahlreiche Interessensverbände innerhalb anderer Fachgebiete, die die Entwicklungen der Pionierphase beeinflussten, zum Beispiel die der Schalenbauer. Heinz Isler war einer der Gründungsmitglieder der 1959 von Eduardo Torroja in Madrid gegründeten Internationalen Gesellschaft für Schalenkonstruktionen (IASS), der auch Heinz Hossdorf angehörte.

Eine andere Vereinigung ist das Institut de Rech. et d'Application des Structures spatiales (IRoyal Academy of ArtsSS) in Frankreich, welches 1968 unter anderem von DuChâteau gegründet wurde. Le Ricolais (Ehrenvorsitzender), Yves Chaperot und David-Georges Emmerich waren einige der Mitglieder [www.archinform.de].

Die Architekturforschungen Frankreichs waren in den sechziger Jahren zunächst nicht das Resultat strukturierter Zusammenarbeit, sondern kamen durch gelegentliche Zusammentreffen mehr oder weniger organisierter Freundeskreise zustande, in welchen sich zahlreiche Pioniere des Bauens mit glasfaserverstärktem Kunststoff befanden. Sie basierten auf einem informellen, präsenten und effizienten Netzwerk, welches sich im Verlauf der Jahre stetig weiterentwickelte. Ionel Schein stand in Verbindung mit namhaften Architekten und Künstlern aus Europa und war Gründungsmitglied der französischen Vereinigung 'Groupe International d'Architecture Prospective' (GIAP) (Gründung 1965), in der auch Jean Maneval Mitglied war. Neben den festen Mitgliedern gab es auch sogenannte Paten wie Le Corbusier, Robert Le Ricolais, Richard Buckminster-Fuller, Jean Prouvé, Konrad Wachsmann, Z.S. Makowski und Nicolas Schöffer [www.olats.org].

In dieser Vereinigung kam es zum Gedankenaustausch zwischen französischen Architekten und Ingenieuren, später auch Künstlern, Wissenschaftlern und Vertretern aus anderen Ländern, wie beispielsweise Frei Otto aus Deutschland, Arthur Quarmby aus Großbritannien und Kisho Kurokawa aus Japan. Die Mitglieder widmeten sich der architektonischen Zukunftsforschung. Themen waren die Bevölkerungsexplosion, die spektakuläre Beschleunigung der technischen und wissenschaftlichen Fortschritte, die konstante Erhöhung des Lebensstandards, die Sozialisierung der Zeit vom Raum und von der Kunst, die wachsende Bedeutung der Freizeit, die Bedeutung der Faktoren Zeit und Geschwindigkeit in der Kommunikation und die damit einhergehende Veränderung der traditionellen Strukturen der Gesellschaft. So steht im Manifest: „Unsere Städte, unser Territorium werden nicht mehr an diese Umwandlungen angepaßt. Es wird dringlich, die Zukunft vorzusehen und zu organisieren, anstatt sie zu erfahren.“ [www.olats.org]

3.4 Öffentlichkeitsarbeit

Publikationen über die fortschreitenden Entwicklungen und Realisationen mit GFK waren Grundvoraussetzung für eine breitere Anwendung, aber auch eine weitere Entwicklung des Materiales und der Anwendungstechniken. Ionel Schein verfaßte zahlreiche Veröffentlichungen über Bauen mit Kunststoffen und speziell mit GFK. Sie erschienen vor allem in Frankreichs Architekturzeitung *technique & Architecture* (1958/59). Zusammen mit Magnant veröffentlichte er Grundlagenwissen über den Kunststoff, die Konstruktionsprinzipien und einige Projekte, welche bis zu dieser Zeit in Europa und den USA realisiert wurden. Er setzte sich für die Verbreitung des Wissens ein und regte andere an, sich mit diesem neuen Werkstoffen zu beschäftigen.

Wie im letzten Kapitel erläutert, gründete sich das Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. aus dem Antrieb heraus, das Bauen mit Kunststoffen zu dokumentieren und es durch die Öffentlichkeitsarbeit voranzutreiben. Das Leistungsangebot des IBK wurde anlässlich der Verabschiedung des IBK-Leiters Amtor Schwabe folgendermaßen definiert: „nehmen (sammeln) – verarbeiten/aufbereiten - + geben“ [Forster, 1977].

Die IBK-Publikation *Bauen mit Kunststoffen*, welche ein Bestandteil der Zeitschrift *plasticonstruction* war, informierte seit 1957 periodisch mehr als 5000 Fachleute im In- und Ausland über den aktuellen Stand der Technik. Die Berichte waren fachlich neutral und umfassend, ergänzt durch kritische Betrachtungen der Marktentwicklung anhand der Bau- und Kunststoff-Statistik und Kurzberichte über Forschungsarbeiten.

Neben der Arbeit an eigenen Projekten war es auch Anliegen zahlreicher Pioniere des Kunststoffbaus, ihre Erkenntnisse und Arbeitsweisen der nachfolgenden Generation zu vermitteln. Die Arbeit mit Studenten war nicht nur für diese förderlich sondern bereicherte auch die Forschungen von Isler, Hossdorf, Makowski oder Buckminster Fuller.

„Unmittelbar nach den geometrischen Entdeckungen im Frühjahr 1948 [...] nimmt Fuller eine Lehrtätigkeit am Institute of Design in Chicago an und wird zum Sommerkurs an das Black Mountain College eingeladen. Nahtlos geht seine Forschungstätigkeit in eine Modellierungsarbeit mit Studenten über. Es beginnt eine beispiellos intensive Unterrichtstätigkeit an einer wachsenden Zahl von Kunst- und Design-Schulen, Universitäten und Colleges. Fuller hat die Gabe, die Studenten zu begeistern und sie zu echten Innovationen und Erfindungen zu stimulieren. Ohne die Beiträge der zahlreichen Studenten und Mitarbeiter, wäre Fullers Erfolg mit den geodätischen und tensegeren Strukturen in den fünfziger Jahren kaum denkbar.“ [Krause, 1999]



Buckminster Fuller

[Krause, 1999, 318]

Heinz Isler

[Schunck, 2002, 81]

4. Die Nutzungen

Was wurde in den 1950er bis 1970er Jahren mit glasfaserverstärkten Kunststoffen gebaut?

Welche Schwerpunkte oder Unterschiede gab es zwischen den drei beschriebenen Pionierphasen? Welche Nutzungstypen sind erkennbar? Gibt es Bauten, die für die Verwendung von GFK prädestiniert sind?

Grundlegend muß vorangestellt werden, daß sich eine Pionierphase immer auf die Realisationen stützt. Nur durch diese kann das Material überprüft und weiterentwickelt werden. Tragwerke, Konstruktionen und Details aber auch Herstellungstechniken entstehen und entwickeln sich weiter. Der technologische Fortschritt findet ohne Realisationen nicht statt. Dies erkannten auch die Pioniere des Bauens mit GFK und setzten all ihre Kräfte daran, ihre Ideen Realität werden zu lassen.

Im Katalog sind 260 Projekte vorgestellt, von denen eine Vielzahl in kleinen Serien gebaut wurden. Andere wiederum wurden nur dieses eine Mal, für einen speziellen Einsatz beziehungsweise der Demonstration der Werkstoffe geplant und realisiert. Viele Pioniere verzichteten wohlweislich auf eine festgelegte Nutzung für ihre Gebäude, da sie ihr System variabel, modular und veränderbar entwickelt hatten und dies gleichzeitig die Chancen erhöhte, einen größeren Absatzmarkt zu erreichen. Daher ist die Zuordnung der Projekte zu den Nutzungsarten: Wohnhaus, Zweithaus, Schutzhaus, Raumzelle, Gebäudehülle, Überdachung, Fassade, Ausstellung und Spielgerät, mehr von den konstruktiven Gegebenheiten und dem Ausstattungsgrad geprägt, als von der Festlegung des Entwicklers.

4.1 Wohnhaus

Laut der amerikanischen Architektin Beatriz Colomina spielt das Wohnhaus die zentrale Rolle des 20. Jahrhunderts.

„Wenn das 19. Jahrhundert niemals ohne seine öffentlichen Gebäude – Theater, Oper, Börse und Museum – vorstellbar ist, war das 20. Jahrhundert von Anbeginn bis zum heutigen Tag vom Wohnhaus fasziniert. Ist es nicht in der Tat nahezu unmöglich, an einen Architekten zu denken, ohne sofort an eines seiner Häuser erinnert werden? Angefangen bei Frank Lloyd Wright und Adolf Loos bis zu Peter Eisenman und Frank Gehry haben nahezu sämtliche Architekten dieses Jahrhunderts ihre wichtigsten architektonischen Ideen durch Entwürfe von Wohnhäusern vervollkommen. Sie wurden durch ihre Häuser bekannt, gleich ob diese gebaut wurden oder nicht: das Haus ist die beste Werbung für Architektur.“

[Ferguson, 1999, 127]

Aufgrund des großen Bedarfs an Wohnraum nach dem zweiten Weltkrieg war das gesamte Bauwesen auf das Wohnhaus ausgerichtet. Daher nahm auch das Bauen mit GFK seinen entscheidenden Anfang mit diesem Nutzungstyp. In Frankreich und den USA wurden Forschungsgruppen gebildet, um ein Wohnhaus vollständig aus Kunststoffen zu entwickeln und mit Unterstützung der Industrie herzustellen. Die chemische Industrie förderte und, im Falle des Monsanto House [1957/01], initiierte diese Hinwendung zum Wohnhaus, da sie sich auf dem Wohnungsbausektor Absatzmärkte erschließen wollte.

Die überschaubare Dimension machte das Wohnhaus zum idealen Forschungsobjekt für Architekten. Innerhalb der Pionierphase wurden daher Form, Tragwerk, Grundriß und Details in diesem Typus untersucht und bis hin zur seriellen Fertigung umgesetzt. Die Architekten reizte, daß aufgrund der neuen Materialien und Herstellungstechniken neue Konstruktionen und Raumkörper realisiert werden konnten. Wie im Kapitel 5.7 *Die Architektur/Industrielles Bauen* erläutert wird, war das beworbene Fertighaus in Leichtbauweise vor allem ein Kunststoffhaus. Das Ideal war das GFK-Wohnhaus, da hier die Vorteile der Vorfabrikation, des geringen Gewichts und der hochspezialisierten wenigen Bauelemente zu einem Einklang führten. Diese Wohnbauten sollten der Entwicklung des Industriellen Bauens dienen sowie das Fertigteilhaus als moderne Alternative zum traditionellen Steinhaus repräsentieren.

Die jedermann bekannten Grundfunktionen eines Wohnhauses, die sich durch den technischen und gesellschaftlichen Fortschritt ständig in Veränderung befinden, spornten die Architekten an, das Wohnen immer wieder neu zu überdenken. Beatriz Colomina:

„Aus eben diesem Grund ist es möglicherweise der einzige Ort, der der Architektur bleibt, um Kunst zu schaffen (...) Sie entstanden nicht für herkömmliche Örtlichkeiten, sondern für Ausstellungen, Publikationen, Weltausstellungen, Wettbewerbe und Zeitschriften. Selbst die Wirkung der Häuser, die tatsächlich für Bauherren errichtet wurden, ist überwiegend auf entsprechende Veröffentlichungen vor und nach dem Bau zurückzuführen. In dieser Hinsicht kann man sie mit fug und Recht sämtlich als Schaustücke bezeichnen.“ [Ferguson, 1999, 127]

Das Französische Schneckenhaus [1956/01] und das Monsanto House [1957/01] entsprachen hierbei dem von Beatriz Colomina aufgeführten ersten Typus, dem Ausstellungsobjekt, welches von den Besuchern, genau wie ihr Beispiel des bereits 1925 zur Ausstellung 'Exposition des arts décoratifs' realisierten Pavillon de l'Esprit Nouveau von Le Corbusiers besichtigt werden konnte. „... die Besucher konnten hindurchflanieren und sich dabei, nur durch dünne Seile vom Wunschbild getrennt, den neuen Lebensstil vorstellen.“ [Ferguson, 1999, 131]

Das Französische Schneckenhaus und das Monsanto House waren für das moderne oder auch zukünftige Wohnen konzipierte Bauten, die in Ausstellungen dem Publikum präsentiert wurden. Vor allem die sich ändernden Lebensbedingungen beziehungsweise die wechselnde Zahl der Familienmitglieder war Grundthema beider Haus-Varianten. Konzeptionell konnten Bauelemente zugefügt beziehungsweise entfernt werden. Allerdings ist dies in beiden Fällen nicht getestet worden. Der Aufwand und die Voraussetzungen für einen solchen Umbau wurden demnach nie überprüft. Zudem nutzten die Ingenieure das Monsanto House, um Klebeverbindungen, die von Bolzenverbindungen unterstützt wurden, im Langzeitversuch zu testen und machten dadurch von vornherein einen Umbau unmöglich.

Aufgrund der zahlreichen Veröffentlichungen wurden das französische Schneckenhaus und das Monsanto House zu Vorreitern der GFK-Architektur und beeinflussten diese aufgrund ihrer Formgebung und Verwendung des GFK. Beides sind aber in erster Linie Versuchsbauten, anhand derer Architekten und Ingenieure gleichermaßen die Einsatzmöglichkeiten und die Konstruktionsweisen erforschten. Beispielsweise wurden im Monsanto House alle Flächenelemente aus glasfaserverstärkten Kunststoffen aufgebaut, und zwar nicht nur die Außenflächen, sondern auch die Fußböden, die als GFK-Sandwich mit Papierwaben und PUR-Schaumfüllung realisiert wurden. Lediglich die Ringanker im zentralen Bereich wurden in Brettschichtholz mit GFK-Ummantelung realisiert. Wie sich nach der gesamten Standzeit von zehn Jahren feststellen ließ, senkten sich die Hausschalen lediglich um sechs Millimeter. Dieses Ergebnis widerlegte die in den 1960er Jahren verbreitete Anschauung, daß GFK-Konstruktionen zu weich sind, um Nutzlasten aufnehmen zu können.

„Der zu geringe Elastizitätsmodul hätte z.B. bei einer Decke aus Kunststoffen zur Folge, daß sie sich unter Belastung von Menschen, Möbeln usw. erheblich durchbiegen würde. Die Decke aus Stahlbeton, Stahl- oder Holz bleibt infolge des erheblich höheren E-Moduls dieser Stoffe gerade. Bauteile, die Nutzlasten aufzunehmen haben, z.B. tragende Wände und Decken, können in sinnvoller Weise nicht aus Kunststoffen konstruiert werden; für sie bleiben die bisher verwendeten Baustoffe auch weiterhin maßgebend.“

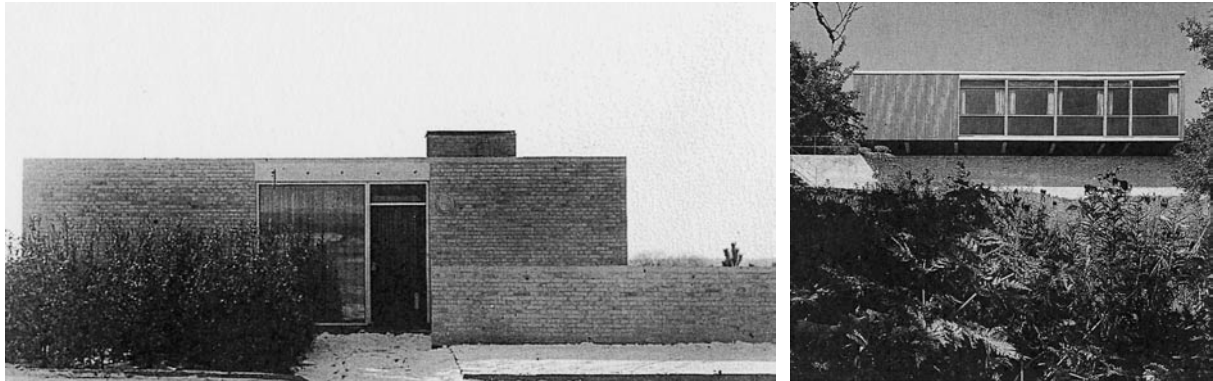
[Schwabe, 1971]

Die anderen Bauten nutzten glasfaserverstärkte Kunststoffe als selbsttragende Außenhülle (Wand, Dach, Boden), Innenböden wurden aber in Holz, meist auf einem Stahl- oder Holzgerüst liegend verwandt, die die Nutzlasten ableiteten.

Als erster Versuch, in der BRD ein Fertighaus aus GFK zu realisieren, kann der Prototyp von Rudolf Doernach [1959/01] angesehen werden. Die industriell gefertigten Dachsandwichplatten wurden erst vor Ort gekrümmt, was eine erhebliche Erleichterung der Herstellung bedeutete, man sogar industriell gefertigte Sandwichplatten verwenden konnte. Diese Krümmung mußte aber exakt vorbestimmt und durchgeführt

werden, da ansonsten die Fassadenelemente nicht eingepaßt werden konnten. Die Familie Doernach waren weltweit die ersten, die ein GFK-Haus bewohnten, leider ohne einen entsprechenden Bericht zu veröffentlichen.

Sieht man sich die realisierten Beispiele der Pionierzeit an, so ist auffällig, daß es sich in der Mehrheit um ein- oder zweigeschossige Häuser handelte, wobei die zweigeschossigen Beispiele, wie das Biberach-Haus [1965/02] oder das Leningrad House [1962/01], auch nur eingeschossige GFK-Konstruktionen waren. Dies lag vor allem am Zeitgeschmack der Architektur: Das moderne Einfamilienhaus der 1950er bis 1970er Jahre war ein frei stehendes Haus.



Haus Upton-Hansen (1954), Haus Siesby (1957) von Arne Jacobsen [Thau, 1998, 402-403]

„Das frei stehende Einfamilienhaus erlaubt eine individuelle Anordnung der Räume, die sich bei eingeschossigen Häusern bis zur aufgelockerten Raumgruppierung und zum anmutigen Wechsel von intro- und extravertierten Räumen steigern kann, es gestattet die fließende Verbindung von Haus, Garten und Landschaft, und es kommt der Entfaltung des Wohnkomforts in besonderem Maße entgegen. Haus und Garten verschmelzen zu einem überschaubaren Eigenbereich der Familie, zu einem nach außen möglichst abgeschirmten Refugium der Entspannung, der Selbstbesinnung, der Abkehr von städtischer Unrast und des Ausgleichs für unnatürliche Arbeitsbedingungen. (...) Daß Häuser mit Flachdächern überwiegen, hat – muß es erwähnt werden? – nichts mit modischen Zugeständnissen oder mit Weltanschauung zu tun. Das Flachdach ist die logische Folge der Erkenntnis, daß Kubus und Quader als geometrisch klar begrenzte Gebilde in ausdrucksstarkem Gegensatz zur pflanzlichen Natur stehen, es ergibt sich aus den technischen Mitteln unserer Zeit und es ermöglicht eine freie, durch Dachkörper nicht eingeschränkte Entfaltung des Raumorganismus (...) Solche Lösungen sind nicht als technische Spielereien oder als Formexperimente zu betrachten. Sie benutzen die uns zur Verfügung stehenden Konstruktionsmittel, um den Grundriß freier und elastischer der örtlichen Situation, der optimalen Besonnung und dem Bauprogramm anpassen zu können.“ [Nagel, 1976, Vorbemerkung]

Ein Beispiel eines solch freien großzügigen Grundrisses stellte das fg 2000 [1968/01] und dessen Weiterentwicklung [1972/01] von Wolfgang Feierbach dar. Die einzelnen Bereiche des Geschosses wurden lediglich durch verschiebbare, deckenhohe Möbel beziehungsweise einem schweren Badvorhang unterteilt. Besonders die modularen Projekte verdeutlichten den Anspruch an eine moderne Architektur und gleichzeitige materialgerechte Konstruktion, wie zum Beispiel das Modular Housing System [1968/03]. Die 14 m² großen Raumzellen konnten miteinander verbunden werden, und somit ein abwechslungsreiches Gebäude mit Innenhöfen und größeren Räumen bilden. Das gleiche Prinzip lag dem Fertighaus-Bauelement von Schüler und Witte, Berlin [1968/04] zugrunde, nur daß hier verschiedene Elementtypen individuell zusammengestellt werden konnten. Das ursprünglich als Zweithaus geplante Venturo [1969/04] von Matti Suuronen, Finnland wird bis heute aus drei, zu einer u-förmigen Einheit angeordneten Exemplaren, als Wohnhaus genutzt [FO-MEKK Helsinki, 2004].

Unterstützt wurde das Grundinteresse am Kunststoff-Fertighaus von Amtor Schwabe, Vorsitzender des IBK.

„Die Aufgabe, Bauten herzustellen, in denen Menschen wohnen oder arbeiten können, wird bereits in den kommenden Jahrzehnten so riesenhaft ansteigen, daß die bisher bekannten Baumethoden nicht mehr genügen, die konventionellen Baustoffe nicht mehr ausreichen. Von allen für das Bauen verwendeten Materialien sind die Kunststoffe diejenigen, mit denen diese Aufgaben, mit dem geringsten Gewicht, in der kürzesten Zeit, mit dem rationellsten Materialaufwand und den wenigsten Arbeitskräften zu bewältigen wären, wenn industrielle Produktionsmethoden in großem Umfang angewendet werden könnten. Die Forderung lautet, solche Produktionsmethoden zu entwickeln und durch eine breite Anwendung typisierter Bauteile die Basis für die Wirtschaftlichkeit der Industrieproduktion von Kunststoffbauten zu schaffen.“

[Schwabe, Rotterdam, 1974]

Amtor Schwabe veröffentlichte 1967 zehn Forderungen [Schwabe, 1967] an einen solchen Bau. Haustypen mit Varianten oder Bausysteme wären seiner Ansicht nach am geeignetsten. Diese sollten seiner Meinung nach nicht ausschließlich aber in wesentlichen Teilen aus Kunststoff bestehen, tragende Funktionen als Wand und/oder als Dach übernehmen. Hierbei sollten GFK und Hartschaumstoffe, als Sandwich verbunden, eingesetzt werden. Der hohe Materialpreis der GFK zwingt zur Materialsparsamkeit, dünnwandige Konstruktionen, wie die Schale sind hierbei statisch und wirtschaftlich ideale Tragwerksarten. Schwabe sah das Ei als Vorbild solcher Bauformen, wobei er sich darüber im Klaren war, daß die Akzeptanz für eine Eiform innerhalb der Gesellschaft gering war. Die Aufgabe des Architekten sah er daher darin, diese statische Idealform zu modifizieren. Die zwei- oder dreidimensionalen Bauteile eines solchen GFK-Hauses sollten ihre Verbindungen in die Flächen legen, um unnötige Baumängel zu unterbinden. Aufgrund der maschinellen, automatisierten Herstellung forderte er zudem eine geringe Zahl der Grundelemente. Die aufgrund der Beschichtung (Gelcoat) glatte Oberflächen ist schmutzabweisend, daher sollte man vorsorglich eine strukturierte Oberflächen wählen. Die Innenflächen müssen in der Lage sein Luftfeuchtigkeit aufzunehmen. Zudem sollte die Möglichkeit eines „Tapetenwechseln“ angeboten werden. Schwabe empfiehlt daher nicht alle Oberflächen in Kunststoff auszubilden.

Die architekturgeschichtlich bedeutendste Ausstellung gebauter Häuser des zwanzigsten Jahrhunderts war die Weißenhofsiedlung von 1927. Für die Pionierzeit des Bauens mit GFK war die wichtigste Ausstellung die Internationale Kunststoff-Haus-Ausstellung '71 (IKA'71) in Lüdenscheid, BRD mit 15 Exponaten, welche sich als IKA '72 auf insgesamt 30 Exponate erweiterte [Doernach, 1972]. Hier wurde dem Besucher eine Auswahl an Entwicklungen der Kunststoffhäuser, in der Mehrzahl GFK-Bauten und einige experimentelle Konstruktionen, präsentiert.



ika'71 in Lüdenscheid, Exponate Rondo, Orion, Futuro und DO



[Allemagne, 1971, 92-93]

Gleich wie die Weißenhofsiedlung „...war es die gebaute Siedlung, die solch deutlich spürbaren Einfluß auf die öffentliche wie berufsinterne Diskussion ausübte. Modellhäuser ziehen immer ein großes Publikum an.

Wenn Architekten Überlegungen zum Wohnhaus anstellen, beteiligen sie sich an einer, für den gesamten Kulturkreis relevanten Debatte.” [Ferguson, 1999, 131]

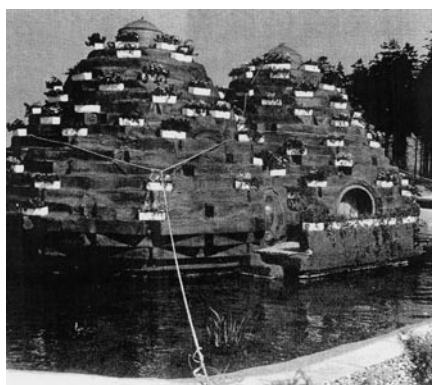
Im Unterschied zu der im nachhinein erfolgreichen Weißenhofsiedlung und der IKA war die IKA eine Verkaufsausstellung für Kunststoffhäuser mit einem gewissen Anteil an experimentalen Konstruktionen. Da Kunststoffhäuser in der Mehrheit als mobile Behausungen für eine kurze Nutzungsdauer angesehen und ein gewisser Anteil der dort ausgestellten Bauten mangelhaft realisiert und laut Aussagen von Amtor Schwabe schlecht präsentiert wurden, wurde die IKA bereits 1975 zwangsversteigert [In memoriam, 1974].

„Es war so alles anders, als man es von anderen Messen und Ausstellungsobjekten gewohnt ist: z.B. waren die Anschlüsse der ‘nackten’ Kunststoffschalenteile nicht abgedeckt, Holzplatten, auch als Außenbauteile, waren nur farbig überspritzt und ohne Umleimer bzw. Kantenschutz, die ‘Ausstattung’ war weitgehend miserabel mit eckigen Möbelstücken vor runden Wölbungen” [Schwabe, 1971, 306-307]

Trotzdem besuchten rund 500 000 Menschen die IKA während ihrer Dauer von August 1971 bis Herbst 1973. Dies lag an der intensiven Werbung, die die Besucher voller Erwartungen nach Lüdenscheid lockte, diese Versprechungen dann aber nicht bedienen konnte. Es war wohl keine gute Entscheidung von dem Veranstalter, der Sauerländischen Baugesellschaft (Sabag) [Bläser, 1975], daß sie keinen Fachmann wie Amtor Schwabe oder Hansjürgen Saechtling als Kurator engagiert hatten. Diese hätten das Problem sehr viel ernsterhafter und technisch exakter angefaßt, so daß die vorhandenen miserablen Details einiger Exemplare hätten vermieden werden können [Schwabe, 1971, 306]. Schwabe lobte aber prinzipiell die große Übersicht von Versuchen, Ideen und Experimenten aus ganz Europa, speziell die experimentalen Wohnbehältnisse, die von Studenten entwickelten und realisierten schaumgespritzten (Minimalhaus, Prof. Hübner) oder aus Schaum aufeinandergeschichteten Korpusse (BIODOM, Prof. Doernach), die dem Betrachter aufzeigten „...und wohl auch ihnen ist während des Baus aufgegangen, wo die Grenzen zwischen Versuch und Wirklichkeit liegen.” [Schwabe, 1971, 306]



Minimalhaus [Hübner, Archiv]



Biodom [Allemagne, 1971, 96]



[Doernach, 1974, 49]

Neben den bekanntesten Zweithäusern, dem Futuro [1968/05], dem Bulle Six Coque (Orion) [1967/09] und dem Rondo [1969/09] gehörten auch gelungene Wohnhäuser aus GFK zu den Exponaten. Zum Beispiel ein kleines Exemplar des fg 2000 Systems [1972/01], welches von Wolfgang Feierbach weiterentwickelt wurde und nunmehr Ecklösungen für L- oder U- Grundrisse aufwies. Es bot nun größere Gestaltungsfreiheiten für den Architekten, war aber seiner geschwungenen Seitenflächen beraubt, welche die ursprüngliche Gestalt positiv beeinflusst und dem Prototypen eine elegante Gesamtform verliehen hatten. Zu den auffälligeren Wohnhäusern zählten das Diamant 7 [1969/03] des Architekten F. Deryck, Belgien und das Heckel Haus [1971/02] des Architekten A. Heckel, Frankreich.

Die ausgestellten Häuser waren, da sie ja in Serie produzierbar waren, auch zum Verkauf angeboten worden. Als Vergleichpreise für Fertighäuser des Fertighauszentrums Fellbach wurden 675,- bis 1003,- DM/m², geltend für 1973, angegeben.

Häuser	DM / m ²	
fg 2000	195 000 / 150	Schlüsselfertig, ohne Sockelgeschoß, 500 DM /m ² einzelnes Bauelement [Feierbach; Misske, 1970]
Diamant 7	48 000 / 63	Schlüsselfertig
Heckel Haus	35 000 / 43	Schlüsselfertig

[Schwabe, 1971], [Allemanne, 1971]

Das Fazit der Ausstellung war für Fachleute und Presse, daß der Eigenheimtraum der breiten Masse mit dem Vollkunststoffhaus nicht realisiert werden konnte [In memoriam, 1974]. Als Gründe waren vor allem die auffälligen Formen und das Material angegeben worden, die von der Bevölkerung nicht akzeptiert wurden,

denn das „Eigenheim ist eines der letzten Reservate individueller oder pseudo-individueller Gestaltung. Ein Kunststoffhaus, das die diesen Baustoffen gemäße wirtschaftliche Serie erreicht, müßte ein Massenprodukt zumindest ähnlich einer kleinen Automobilproduktion sein, und es bestehen Bedenken, ob der Einzelbauherr beim Haus akzeptiert, was ihm beim Automobil längst selbstverständlich ist. (...) Das, was üblicherweise als 'Kunststoffhaus' beworben wird, sind Fertighäuser aus konventionellen Baustoffen mit gewisser, aber nicht entscheidender Verwendung von Kunststoffen.“ [Schwabe, 1967]

Die Pioniere waren sich also der fehlenden Akzeptanz bewußt und standen so im Zwiespalt, denn um konkurrenzfähig Bauen zu können, mußten sie eine Massenproduktion anstreben.

Der in Zeitungsartikeln der 1960er Jahre verdeutlichte Schwerpunkt auf Kunststoffhäuser als Wohnbauten war eines der größten Hindernisse für das Bauen mit GFK, da es den Anschein erweckte, daß das zukünftige Wohnen in einem Kunststoffhaus stattfinden sollte. Denn obwohl es natürlich erschien, einen für architektonische Experimente traditionellen Nutzungstypus auch mit GFK realisieren zu wollen, war es aufgrund der zahlreichen Beeinflussungen aus Gesellschaft und Wirtschaft gleichzeitig zu hoch gegriffen. Denn für den Verkauf eines Hauses spielen nicht nur die Konstruktion, das Material und der architektonische Entwurf eine Rolle, sondern auch die soziale Komponente. Wolfgang Feierbach war der einzige, der sein fg 2000 Bausystem für eine bestimmte Bevölkerungsschicht produzierte [1968/01; 1971/01].

„Die Zielgruppe wird in erster Linie die junge Generation sein, die heute in die Wirtschaft hineinwächst und in einigen Jahren dann den finanziellen Rückhalt hat, sich ein so hochwertiges Haus leisten zu können. Einen Erfahrungsanhalt bietet unser Möbelprogramm, das auf modern-fortschrittliche Formgebung und besonders hohe Qualitätsvorstellungen abgestimmt ist. Auch hier suchten und fanden wir den Käuferkreis in Berufsgruppen wie Architekten, Ingenieure, Ärzte, Rechtsanwälte, Grafiker, Werbemanager ect. ... also in Schichten, die für vorbildliche moderne Repräsentationen aufgeschlossen sind.“

[Feierbach; Misske, 1970]



modernes Wohnen durch Kunststoffmöbel: Gartenmöbel [Böhm, 1972, 168]; Badezimmer fg 2000 [Feierbach, 1970]

In einem Studienheft zur Soziologie im Städtebau wird die Problematik verdeutlicht:

„Wohn- und Wohnwünsche spielen in unseren Jahren eine bedeutendere Rolle als wohl jemals in früheren Zeiten. Sie bewegen alle Gruppen und Schichten unserer Gesellschaft. Immer stärker werden die Art der Wohnung und des In-ihr-Lebens als Möglichkeiten und Wege zur Bestimmung und Gestaltung des gesamten individuellen und sozialen Daseins empfunden. Die soziale Komponente ist dabei gerade in den letzten beiden Jahrzehnten besonders stark in den Vordergrund getreten; man hat einsehen gelernt, daß die Wohnung in hohem Maße geeignet ist, Ausdrucksinstrument des Anspruchs auf soziale Geltung und dieser Geltung selbst zu sein. Wohnung und Wohnstil sind zum Gradmesser sozioökonomischer Stellung und des aus ihr resultierenden sozialen Prestiges geworden.

Diese Doppelfunktion von Wohnung und Wohnen, hier Mittel zum Individuellen (und familialen) Wohlergehen und Wohlbehagen, dort Symbol des sozialen Status und Prestiges, hat zwei Konsequenzen: einmal werden notwendigerweise altüberkommene Konventionen, Bräuche, Sitten, Privilegien und Tabus angezweifelt, angegriffen und schließlich unwirksam gemacht. (...) Wohnungsgestaltung und Wohnstil seien demokratisiert, heißt es. Nun ist es seit langem kein Geheimnis mehr, daß die Schaffung vieler Möglichkeiten für alle gleichzeitig Beginn der Initiative zur (neuen) Differenzierung ist.“ [Studienheft 14, 1966, 18]

Das Wohnhaus aus glasfaserverstärktem Kunststoff befand sich in dieser Zwickmühle. Zum einen wurde es für den sozialen Wohnungsmarkt entwickelt und propagiert, entpuppte sich dann aber als Einfamilienhaus oder gar Zweithaus für die Mittel- und Oberschicht der Bevölkerung. Dies lag aber weniger am Verkaufspreis, als an der modernen, experimentellen auffälligen Formgebung. Unauffällige Kunststoffhäuser aus Plattenwerkstoffen konnten daher in größeren Serien erfolgreich produziert werden, wie das eingeschossige Einfamilienhaus von Gert Hintersdorf (ehemalige DDR, 1968) entwickelt. Es wurde 1400 mal aufgebaut [Genzel; Voigt / Hintersdorf, 07.02.2006].

4.1.1 Raumklima

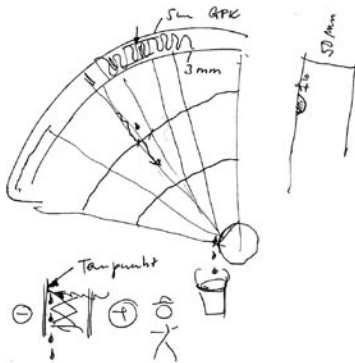
Ein weiterer Aspekt für die fehlende Akzeptanz gegenüber Kunststoffhäusern war die Skepsis den jungen Werkstoffen der Kunststoffe und den damals noch ungewohnten klimatischen Bedingungen der erst Ende der 1970er Jahre sich durchsetzenden luftdichten und wärmegeprägten Räume gegenüber, die die Kunststoffhäuser bereits in den 1960er Jahren erfüllten. Das Verständnis im täglichen Umgang basierte auf den Erfahrungen eines Steinhauses, welches eher kalt und feucht ist.

Es war also notwendig, neben den tragenden Eigenschaften der GFK, deren bauwerksklimatisches Verhalten zu untersuchen. Dies geschah aber leider nicht. Vom Bundesministerium für Bauwesen beauftragt, gab es zwar einen Forschungsauftrag über das Raumklima in Kunststoffhäusern, den das Institut für Bauphysik in Stuttgart, Außenstelle Holzkirchen durchführte [Künzel, 1972], aber darin wurde nicht speziell auf die Materialien GFK und auch nicht auf verschiedene Ausbauarten eingegangen. Diese Untersuchung besagte lediglich, daß die vorhandene Möblierung und ein regelmäßiger Luftaustausch durchaus ausreichten, um in einem Kunststoffhaus ein angenehmes Raumklima aufrechtzuerhalten. Wäre der Nutzer aus Unwissenheit oder Zeitmangel nicht in der Lage, selbst die Fenster zu öffnen, so wäre eine mechanische Luftregulierung notwendig [Künzel, 1972].

Drei verschiedene Projekte sollen einen Eindruck in die realen Möglichkeiten und das Verhalten geben:

Futuro [1967/05]__ Die tragende Hülle des Futuro ist ein Sandwich, bestehend aus 5 mm GFK, 50 mm PUR-Hartschaum und einer 3 mm GFK-Innenschicht. Da zur Herstellung das Handauflegeverfahren verwendet wurde, ist an der Innenoberfläche die Struktur des Glasfasergewebes innerhalb des Polyesterharzes erkennbar. Lediglich ein farbiger Innenanstrich wurde darüber angebracht. Der Architekt Matti Suuronen wußte, daß das GFK infolge der Abgabe von Styrol während des Aushärtens nicht vollkommen dicht sein, die gesamte Fläche in geringen Mengen also Wasserdampf aufnehmen würde. Daher wurden in die Wärmedämmung, nach außen hin 1 cm x 1 cm starke Luftrillen integriert, welche aneinandergereiht Ablaufkanäle

für das an der kalten Außenschale niederschlagende Transpirationswasser der warmen Luft des Innenraumes ergaben. Das Wasser konnte durch die Rillen dann über eine Bodenöffnung im Futuro ablaufen. Da nach dem Öffnen der anfangs verschlossen Öffnung laut Matti Suuronen fünf Eimer Wasser abgeleitet werden mußten, blieb die Öffnung in der darauffolgenden Zeit immer offen [Genzel; Voigt / Suuronen, 2004].



Skizze Matti Suuronen [Suuronen, Archiv]

Das zweite Beispiel verdeutlicht das Raumklima in dem leerstehenden Kunststoffhaus Rondo von Casoni & Casoni [1969/09]. Infolge der fehlenden Belüftung und Heizung, vor allem jedoch wegen des baulichen Anschlusses an ein Steinhaus bildete sich in den Schlafkabinen im Bereich der Fensteröffnungen, im Türbereich des Flures Schimmel. Zurückzuführen ist die Schimmelbildung auf die verschiedenen Temperaturzonen und der damit einhergehenden Erhöhung der relativen Luftfeuchte der Bauten. In dem unbeheizten Steinhaus herrschte ein feucht-kühles Klima, in dem leerstehenden Kunststoffhaus ein trocken-warmes, womit sich also ein Luftstrom von dem Steinhaus in das Rondo ergab. Der Besitzer nahm aber an, daß die Luftzirkulation in genau entgegengesetzte Richtung funktionieren würde. Daher öffnete er die Lüftungsklappen im Rondo und ließ die bestehende undichte Glastür als Trennung bestehen. Der sich ausbreitende Schwarzsimmel hatte bis zum Frühjahr 2004 bereits Einbaumaterialien wie Teppich, Tapete und Holz angegriffen, die GFK-Konstruktion schien jedoch noch intakt zu sein.



Rondo, Feuchteschäden 2004 [FOMEKK, 2004]



fg 2000, Textilbespannung 1969 [Feierbach, 1970]

Das Wohnhaus fg 2000 von Wolfgang Feierbach [1968/01] zeigte, daß ein Kunststoffhaus nicht automatisch auch im Innenraum GFK-Oberflächen aufweisen mußte. Es war möglich, den Innenausbau nach eigenem Geschmack ausführen zu lassen. Das fg 2000 war in seiner Form ein eher schlichtes Kunststoffhaus. Das GFK-Obergeschoß war ein leicht geschwungener Quader, auf einem zurückgesetzten Steinsockel ruhend. Aufgrund des doppelschaligen Wandaufbaus war von den leichten Rundungen im Innenraum nichts spürbar. In der Bauaufsichtlichen Zulassung war folgender Wandaufbau festgelegt worden: 6 mm Laminat, 60 mm Hartschaum, 4 mm Laminat, 200 mm stehende Luftschicht, 19 mm Tischlerplatte, 10 mm Schaumstoffschicht, Textilbespannung, dies ergab eine Gesamtstärke von 34 cm.

Durch den Aufbau der zweischaligen Außenwand erreichte Wolfgang Feierbach einen Vollwärmeschutz mit 3,355 m²h grd/kcal (im Dämmgebiet III nach der DIN 4108). Im Vergleich dazu: 1,2 m²h grd/kcal. wurden von Hohlblocksteinen oder Gasbetonsteinen erreicht. Gegen das Eindringen von Feuchtigkeit vom Innenraum in die Tragkonstruktion mußte laut dem Dampfdiffusionsgutachten eine 50 µm dicke Aluminiumschicht, eine damals übliche Dampfsperre, an der Innenseite des GFK-Sandwichs eingezogen werden. Die aufgebrachte Textilbespannung aus der Kunststoffaser Dralon war eine Entscheidung nach der damals herrschenden Mode. Aber auch ein Ausbau mit gestrichenen oder natürlich belassenen Holzplatten wäre ebenso denkbar gewesen und hätte sich positiv auf das Raumklima ausgewirkt.

4.1.2 Wärmespeicherung

Das Problem der geringen Wärmespeicherung im Leichtbau untersuchte Konrad Weller in *Industrielles Bauen*² [Weller, 1989, 30]. Obwohl vom Autor nicht explizit betrachtet, zählen GFK-Bauten in diese Kategorie. Besonders wichtig ist in der Leichtbauweise mit hohem Wärmeschutz und geringer Wärmespeicherung der sommerliche Wärmeschutz zur Vermeidung der Überhitzung durch Sonneneinstrahlung. Wobei die Überhitzung nach seinen Aussagen meistens überschätzt wurde. „Vergleichsmessungen zwischen Wohnbauten in leichter und schwerer Bauweise zeigen, daß sich Leichtbauten mit wirksamen Sonnenschutz nur um ca. 1 bis 2°C stärker aufheizen als schwere Wohnbauten.“ [Weller, 1989, 30]

Zur Vermeidung von Überhitzung konnten bauplanerische, bautechnische und anlagen- und regelungstechnische Maßnahmen getroffen werden. Bauplanerische Maßnahmen beinhalteten die Verschattung durch auskragende Bauteile, die Lage der Räume zur Himmelsrichtung beziehungsweise der Verschattung durch Außenanlagen. Die Anordnung von Balkonen vor den vollverglasten Stirnseiten des fg 2000 ist eine solche Maßnahme. Die Möglichkeit der Überwachung von Gebäuden durch Kletterpflanzen nutzte Peter Hübner für seine als Wohn- und Büroräume genutzten Raumzellen des Systems Casanova (Weiterentwicklung 1972: [1971/07]). Bautechnische Maßnahmen waren Sonnenschutzanlagen, die Reduzierung der Energiedurchlässigkeit und speicherfähige Innenbauteile, wie zum Beispiel Fußböden in Stahlbeton. Heizungs- und klimatechnische Maßnahmen waren der Einbau von Lüftungstechnik zur Klimatisierung. Dies wurde besonders oft in Wohn- und Zweithäusern der 1960er und 1970er Jahre eingebaut, da eine Klimaanlage als moderne Ausstattung gebräuchlich war. Erst in den späten 1970ern und vor allem 1980er Jahren wurde der natürlichen Belüftung von Gebäuden wieder mehr Aufmerksamkeit geschenkt.

Begrünung Wohn-, Arbeitsräume des Systems Casanova
Prof. Hübner, Neckartenzlingen [FOMEKK, 2004]



4.1.3 Schallschutz

Wie es schon für den Brandschutz der Fall war, wurde ebenfalls über den Schallschutz von Kunststoffen nur wenig veröffentlicht. Lediglich ein Zeitungsartikel in der Fachzeitschrift *Kunststoffe* befaßt sich bis 1971 mit dem für das Bauen wichtigen Thema [Laeis, 1968]. Leider ist auch nur für zwei Projekte ein Schallschutzmaß zugänglich, so daß gesicherte Kenntnisse für die Bewertung der GFK-Häuser nicht vorliegen. Bei den Elgin Estate Fassaden wurden 35 dB erreicht, wobei es sich hier um eine Mischkonstruktion handelte. Die Fassadenelemente der Hochhäuser profitieren von dem Sandwichaufbau, welcher sich aufgrund des größeren Flächengewichtes günstig auf das Luftschallmaß auswirkte. Das Schallschutzmaß für die Wände des fg 2000, einschließlich der innen angeordneten Tischlerplatte ($d = 19 \text{ mm}$), der Schaumstoffschicht ($d = 10 \text{ mm}$) und der Textilbespannung, betrug 15 dB [Feierbach; Misske, 1970]. Warum das fg 2000 einen solch schlechten Wert hatte, ist nicht klar, denn Laeis führte an, daß durch Vorsetzen einer Schalldämmschicht und insbesondere durch eine doppelschalige Ausführung mit dazwischen liegendem Hohlraum der Wert hätte verbessert werden können. Die Schallwellen wären dann nicht nur an der Außenfläche, sondern auch an den nachfolgenden Grenzflächen reflektiert worden. Nach der DIN 4109 Blatt 2 können auch zweischalige Wände mit einem geringen Flächengewicht einen hohen Luftschallschutz von $R'_{\omega} = 57 \text{ dB}$ erreichen, und zwar unter der Verwendung von biegeweichen, dünnen Einzelschalen mit Flächengewichten zwischen 10 und 15 kg/m^2 mit Mineralwollmatten zur Hohlraumbedämpfung zwischen den Einzelschalen und durch eine geringe Randübertragung an den gemeinsamen oder getrennten Ständerprofilen. Ein Schalldämmwert von $R'_{\omega} = 47 \text{ dB}$ für die Unverständlichkeit von Sprache ist mit abgestimmten Schallschutzmaßnahmen in einem Kunststoffhaus als Leichtbau sicher zu erreichen. [Saechtling, 1973]

Keine Aussagen findet man zu dem Thema, welchen Einfluß die für die GFK-Bauten typischen Wölbungen und rauhen Oberflächen auf den Schall und welche Auswirkungen sie auf die Schallübertragung von innen nach außen haben könnten. Weiterführende Untersuchungen an bestehenden GFK-Bauten wären wünschenswert.

4.2 Zweithaus_ Schutzhaus_ Raumzelle

4.2.1 Zweithaus

Michael Hall und Dieter Müller definierten in ihrem Fachbuch *Tourism, Mobility and Second Homes* [Hall, 2004] den Begriff des Zweithauses. Sie spannten einen Bogen von Nutzungen der Freizeit, des Urlaubs im Sommer und Winter als Hütten und Wochenendhäuser bis hin zu Wohnungen. Sie unterschieden die folgenden Gruppen: stationär, semi-mobil und mobil.

Typ	Struktur	Gebäude/Fahrzeug
stationär	Haus und Apartment	einzelstehende Hütten und Häuser
semi-mobil	Camping	Wohnwagen/mobile Wohnsitze Wohnmobil Zelt Wohnanhänger
mobil	Boote	Segelboot

[Hall, 2004]

Ihre Einteilung umfaßt auch die in diesem Kapitel beschriebenen Zweit-, Schutzhäuser und Raumzellen aus GFK. Aufgrund des kleineren Volumens und Gewichtes sind die Raumzellen und auch einige der Zweithäuser, zum Beispiel das Futuro, per Kran auf entsprechende Verkehrsmittel wie LKW oder Schiff umsetzbar. Andere Zweithäuser können auseinandergenommen, verschickt und an neuer Stelle wieder zusammengebaut werden. Die ganzzeitlich mobilen Projekte sind mit einem Fahrgestell verbunden. Sie stellen also Caravans dar. Beispiele sind ein beweglicher Bungalow aus Frankreich [1959/05], das Noa aus Japan [1969/12] und das House Road aus Belgien [1970/10]. Die Mehrzahl der mobilen Einheiten sind unter den Raumzellen zu finden.



Wohnwagenpark 'Shady Dell' in Bisbee, Arizona, USA

[Claus, 2002, 51]

Die Geschichte des Zweithaus-Tourismus [Hall, 2004]

Den Ursprung der Zweithäuser findet man in den alten Gesellschaften, in denen das Haus in der Landschaft ein exklusiver Wert für den Adel war. Während des 18. Jahrhunderts entstanden Zweithäuser in den Badekurorten und später in den Küstenstädten. Sie wurden häufig saisonal genutzt, um dem Stadtleben zu entgehen. Neue Transportmittel hatten einen erheblichen Einfluß auf die Ausbreitung der Zweithäuser. Im Stockholmer Archipel wurden sie zum Beispiel entlang der Dampfschifflinien errichtet, ein ähnliches Muster zeigte sich entlang des Oslo Fjords.

Während des ersten Teils des 20. Jahrhunderts breiteten sich die Zweithausbesitzungen auch außerhalb der oberen Klasse aus. Dies stand in Zusammenhang mit geänderten Ideen, beispielsweise des Kontaktes mit Natur und Wildnis. So wurden in Nordamerika Zweithäuser in Bereichen der Wildnis gebaut, teilweise als kulturelle Erinnerung der ersten Besiedlung. In Neuseeland und Australien waren viele der ersten Exemplare nicht mehr als Fischerhütten auf Gemeindegebiet, welche als Haushalte dienten, billige Urlaube am Strand ermöglichten und eine Flucht vor dem wärmeren Innenland boten.

In Deutschland wurde 1927 vom Berliner Messeamt ein Architektur-Wettbewerb zu dem Thema 'Wochenendhaus' ausgeschrieben [Ludwig, 1998]. Den Stadtbewohnern sollte das Leben in der Natur und die Eigenwirtschaftung von Nahrungsmitteln näher gebracht werden. In den nordischen und mitteleuropäischen Ländern wurde der Zweithausbau als sozialer Tourismus unterstützt und es wurde eine große Anzahl von Zweithäusern in Randgebieten von Großstädten gebaut, speziell zwischen 1950 und 1980 [Hall, 2004].

Die Hauptausbreitung des Zweithauses hatte seinen Anfang 1960 [Hall, 2004].

„Berechnet man die Zahl der Urlaubsreisen bezogen auf die Gesamtheit der Bevölkerung, so ergibt sich die Reiseintensität. Ihre Entwicklung spiegeln folgende Zahlen:

1961 - 31 %; 1963 - 65 %; 1965 - 44%; 1968 - 39 %; 1969 - 50 %

Unter der Voraussetzung, daß das wirtschaftliche Wachstum und die steigende Produktivität aufrechterhalten werden können, wird der Tourismus eine bedeutende Wachstumsbranche bleiben.” [Steinberg, 1970]

Dies kann mit der gestiegenen Einzelmobilität (der gestiegenen Zahl der Automobilbesitzer) und der erhöhten Akzeptanz der Zweithäuser in der Bevölkerung erklärt werden. Der Anteil der Autotouristen an allen Touristen betrug 1969 sechzig Prozent [Steinberg, 1970]. Die Ausbreitung von Feriensiedlungen in den sich entwickelnden Tourismusgebieten, ist in direktem Zusammenhang mit der Verbreitung des Autos zu sehen. Die Idee des Besitzens eines Wochenendhauses zur Erholung förderte die zunehmende Akzeptanz des Zweithauses in städtischen Gebieten [Hall, 2004]. Die Wochenendhäuser, die regelmäßig und für kurze Zeit besucht werden konnten, fanden immer mehr Verbreitung. Besonders die Bewohner der Mietshäuser, der neuen Stadtblöcke, die nach dem Krieg in allen großen Städten entstanden, schufen bei vielen den Wunsch nach einer eigenen Parzelle Land, den besonders in Deutschland beliebten Schrebergärten. Im Kontrast dazu stehen Zweithäuser außerhalb dieser Wochenendzone. Diese Urlaubshäuser werden nur gelegentlich, aber dann für längere Zeit besucht. Ein internationaler Vergleich zeigt jedoch, daß der Besitz von weit entfernten Zweithäusern eher eine Ausnahme war [Hall, 2004].

Den eigenen Bungalow, das Wochenendhäuschen oder auch die Datsche selbst aufzubauen und zu gestalten, brachte in der ersten Pionierphase auch den glasfaserverstärkten Kunststoffen in diesen sich neu entwickelnden Baumarkt ein. Von einer transluzenten Überdachung des eigenen Wochenendhauses [1959/09] bis hin zu der Entwicklung eines Kunststoff-Kugelhauses des ehemaligen Rennfahrers Egon Brütsch [1960/02] waren die Entwicklungen privaten Interessen zu verdanken. Während der zweiten Pionierphase entwickelten dann Fertighausfirmen zahlreiche Varianten an Zweithäusern, um diesen speziellen Markt zu nutzen.

Für das Bauen mit GFK hatte das Zweithaus die Vorteile, daß es kleiner war als ein Einfamilienhaus und daß die Menschen in ihrer Freizeit neuen Formen der Architektur und des Wohnens gegenüber aufgeschlossener waren. Einige Projekte bestanden nur aus einem Raum, der zu mehreren aneinandergereiht alle notwendigen Funktionen wie Schlafen, Kochen und Waschen bereitstellte und sich den Wünschen der Nutzer anpassen ließ. Die Ansprüche an ein Zweithaus waren sehr unterschiedlich, sie hingen davon ab, wie lange der Aufenthalt darin stattfinden sollte, ob es sich um ein vermietetes Ferienhaus oder ein Wochenendhaus der Familie handelte. Auch der genaue Standort (Klima und Staat) war mitentscheidend. Und so variierten die Größen auch vom 13 m² großen Kunststoff-Kugelhaus, BRD [1960/02] bis hin zu dem 120 m² großen Franchise Unit der USA und Canada [1970/03]. Ein sehr geräumiges Beispiel aus Europa war das aufgrund des gewählten Tragwerkes großzügige Röhrenhaus von Franz Dutler, Schweiz mit 70 m² bei 3,60 m Raumhöhe [1969/09]. Aufgrund des sparsamen Platzverbrauches, wohl auch aufgrund der Transportmaße, war jedoch die Mehrzahl der GFK-Zweithäuser in ihren Dimensionen beschränkt und niedrig.

Einzelne Häuser konnten mitsamt einer dem Haustyp in Form und Material angepaßten Innenausstattung erworben werden. Matti Suuronen entwickelte für das Futuro [1968/05] eine Badezelle, den zentralen Grilltisch und die Liegesitze aus GFK, die den Wohnbereich gestalteten. Der französische Architekt Jean Maneval war allerdings der Ansicht, daß die Innenausstattung zwar der Form angepaßt sein sollte, sie aber nicht unbedingt in Kunststoff ausgeführt werden mußte [Bancilhon, 2003]. Für sein Bulle Six Coque [1967/09] griff

er auf Holzprodukte zurück. Andere Firmen boten ihren Käufern ganze Bauelemente an, ihr Domizil nach ihren eigenen Wünschen zusammenzustellen, wie zum Beispiel das Avio Fokker [1971/04].

Rückblickend kann gesagt werden, daß der Zweithausmarkt durch die zahlreichen Entwicklungen aus GFK sehr bereichert wurde. Sowohl in der Masse als auch in der Form und Konstruktion. Es gab Projekte für den Naturliebhaber, der sich nach einer Höhle sehnte (My My [1977/02]), solche die vielseitig einsetzbar waren, zum Beispiel auch schwimmen konnten (Noa [1969/12]), extravagante, die aber wohl gerade deshalb keine Käufer fanden (RW System [1970/12]) Raumschiff ähnelnde, die bis heute als Stil-Ikonen gefeiert werden (Futuro [1968/05]) oder auch pragmatische, die man nicht als GFK-Haus erkennen würde (Henon An 2000 [1968/06]). Für jeden Geschmack war ein Haustyp dabei.

GFK-Zweithäuser als Urlaubsunterkünfte wurden auch als Siedlungen in Touristengebieten aufgestellt. Die bekannteste ist die 1996 aufgelöste Siedlung von 30 Bulle Six Coque in den Pyrenäen, Frankreich [1967/09]. Aber auch das Futura in den Niederlanden [1970/05], die Guisco Touristenkabine in Italien [1967/05], das Mujeres Ferienhaus in Mexiko [1968/07] und die Bungalows in Sharm el Sheikh, Israel (heutiges Ägypten) [1967/06] standen Erholungssuchenden in Ansiedlungen von 30 bis 300 auf mehrere Inseln verteilten Häusern zur Verfügung. Da Zweithäuser auch auf der Internationalen Kunststoffhaus-Ausstellung 1971/72 (IKA '71/72) teilnahmen, sind für einige Beispiele Preisangaben veröffentlicht worden [Schwabe, 1971]:

Häuser	DM / m ²	
Orion (Bulle Six Couque)	25 500 / 36	schlüsselfertig , 36 400 DM inkl. Einrichtung
Henon AN 2000	26 000 / 43	schlüsselfertig
Futuro	58 750 / 50	schlüsselfertig
Riba	19 600 / 28	nach Größe u. Ausstattung
Rondo	55 000 / 50	inkl. Einrichtung
Do-Bausystem	3 000 / 7	500 DM pro Elementschale
Algeco 2002	27 000 / 50	schlüsselfertig

Aus den Angaben wird deutlich, daß GFK-Zweithäuser trotz ihrer zumeist seriellen Fertigung nicht kostengünstiger als beispielsweise Holzkonstruktionen eingestuft werden konnten. Wie es auch für die GFK-Wohnhäuser gilt, konnte ein eindeutiger Preisvorteil erst in Zusammenspiel mit geringerem Kostenaufwand des Transportes, der Baustelle und des Unterhaltes erzielt werden.

4.2.2 Schutzhaus

In bergigem und unwegsamem Gelände und in Gegenden mit erhöhtem Naturschutz war das geringere Gewicht bei höherem Leistungsvermögen des GFK-Sandwiches ein Hauptgrund für den Einsatz von Zeithäusern als Schutzhäuser. Die hohen Anforderungen von Forschungsstationen und Schutzhäuser an den klimatischen Schutz, eine widerstandsfähige Außenhaut, geringes Transportgewicht und -maß sowie einfache und schnelle Aufstellung von Laien machten GFK-Projekte für diesen Nutzungstyp während der gesamten Pionierphase interessant. Als Schutzhütte in den Alpen wurde das Polybiwak [1971/06] und das Dauerbiwak am Dolent [1973/04] realisiert. Die Forschungsstationen waren meist Prototypen. Für das französische Expeditionshaus [1959/04] war es beispielsweise aufgrund des Transportes, des zügigen Aufbaus durch die Forscher von Hand und des Standortes in extremen Temperaturen des Polargebietes, konstruktiv und wirtschaftlich vorteilhaft aus GFK realisiert zu werden. Die Einzelteile konnten innerhalb von zwei Stunden leicht mit Spannschlössern zu dem zweigeschossigen Gebäude zusammengefügt werden. Aufgrund dieser Möglichkeiten waren auch andere Forschungseinrichtungen Frankreichs, der USA und Großbritanniens und besonders das Militär dieser Länder an den GFK-Schutzhäusern interessiert. Forschungseinrichtungen nutzten auch GFK-Raumzellen in schwer zugänglichen Gebieten des Nordens, da diese mit dem Hubschrauber in einem Stück an den Standort geflogen werden konnten. Bis 1979 stellte zum Beispiel

Norwegen und Dänemark Raumzellen als Radio- oder Forschungsstationen oder Kommandoposten in entfernten Gebieten ihres Landes auf [1974/06; 1974/07].

4.2.1 Raumzelle

Die Raumzelle als kleinster nutzbarer Raum wurde in den 1950er Jahren als eigenständige Architekturform gegründet. Seitdem beflügelt sie die Phantasie der Architekten und Designer. Die Sonderausstellung 'Box für das Existenzminimum' im Juni 2000 in Dresden hat Prof. Dr. Günther Feuerstein, BTU-Cottbus zu zahlreichen Assoziationen, philosophischer, künstlerischer und architektonischer Natur inspiriert. Er sieht die Zelle als minimalsten Raum, als Zufluchtsort, die private Zone des Alleinseins, ein Individualraum. Das Leben beginnt in einem Ei, der natürlichsten aller Kapseln und endet im Sarg, der menschengemachten Zelle.



Projekt Canaris von Herbert Distel
GFK-Ei trieb über Monate im Atlantic, wurde in Trinidad,
zerschollen, entdeckt [Quarmby, 1974, 159]

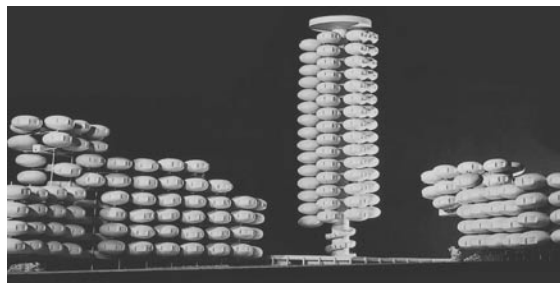
In der Architektur bedeutet Zelle Mobilität. Zellen werden in der Forschung und auf Expeditionen genutzt, bei Katastrophen wie Erdbeben, Kriegen, Überschwemmungen stellen sie Unterkünfte und Sanitärbereiche dar. In heutigen Städten sind sie Teil von Baustelleneinrichtungen, Behelfsunterkünften und mobile Sanitäranlagen bis hin zu 'Dixi'-Klos. Moderne Nomaden, zu denen Flüchtlinge, aber auch Zirkusleute, Touristen und die sogenannten 'Trailer Amerikas' gehören, nutzen Zellen als Wohnraum. In den 1960ern begannen die 'Rolling Homes' der USA nicht nur die Wohnproblematik zu verdeutlichen, sondern motivierten auch junge Menschen zu neuen, mobilen Wohnformen ähnlich ihrer Vorfahren während der Besiedelung Amerikas. Aber nicht nur das Wohnen auf der Erde wurde hinterfragt, auch die Auseinandersetzung mit den extremen Existenzbedingungen für den Menschen, zum Beispiel unter Wasser, begann. Im 'Sealab 2' verbrachten 1965 testweise 28 Mann 30 Tage unter Wasser. Praktisch anwenden ließen sich Tauchkapseln für Erzsicherungen, Forschung, Militär und für den Tourismus. Ein schweizerisches U-Boot bot anlässlich der Expo in Lausanne 1964 Vergnügungsfahrten am Grunde des Genfer-Sees an [www.swissinfo.org].

Mittels Raumzellen wurde erstmals das Weltall betreten. Nach der ersten Raumkapsel, dem sowjetischen Sputnik_I am 04. November 1957, erfolgte der erste bemannte Raumflug am 12. April 1961 und am 16. Juni 1969 konnte der erste Mensch von einer Zelle aus den Mond betreten [www.bbs-winsen.de].

Die Raumzelle als Sonderform des Zweithauses definierte sich zu gleichen Teilen aus der Konstruktionsform und dem komprimierten Raum. Der minimale Raum, gebildet aus Wand, Dach und Boden, wurde aufgrund der für GFK günstigen Krümmungen durch ein oder zwei, maximal vier Bauteile zusammengefaßt. Die Raumzelle wurde dem Nutzer als Ganzes geliefert, sie war also im Werk komplett hergestellt worden und für den Transport oder entsprechendes nicht wieder auseinandernehmbar. Sie waren daher in der Mehrheit in Transportgrößen von maximal 2,50 m x 3,0 m mit variierenden Längen realisiert worden.

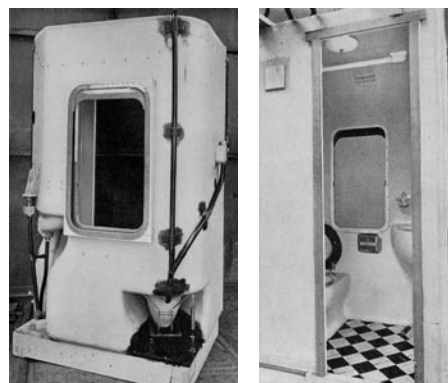
Die erste GFK-Zelle der Pionierzeit war die Hotelkabine von Ionel Schein [1956/01]. Diese Hotelkabine verdeutlichte anhand ihrer Formgebung und der angeformten Innenausstattung die Vorteile einer Raumzelle: Außenhaut war zugleich Ausstattung. Nicht mehr viele einzelne Bauteile mußten miteinander kombiniert werden, sondern die sorgfältige Planung und Realisierung - dank der Erfahrungen der Pioniere in lediglich drei Monaten [Quarmby, 1974, 48] - ermöglichte einen Kleinstraum mit Öffnungen, Bad und WC. Die nötige Vorarbeit zahlte sich in der Ersparnis anderer Gewerke und Aufbauarbeiten aus.

Die Raumzellen als Hauptwohnsitz in Raumtragwerken sind in der Architekturdiskussion der 1960er Jahre vielfach vorgeschlagen und theoretisch bearbeitet worden (siehe Kapitel 5.6 *Stadtstrukturen*), eine Anwendung von GFK-Zellen konnte aber aufgrund ihrer eingeschränkten Größe und den fehlenden Brandschutzrechten nicht realisiert werden. Sie wurden daher in der Mehrzahl als Zweithäuser, aber auch als Ausstellungsbauten genutzt. Typisch für Raumzellen ist die Möglichkeit der Reihung oder variierender Anordnungen, um auch größere Nutzflächen zur Verfügung zu stellen.



Siedlungsmodell des Rondo [Casoni Archiv]

Ein wichtiges Anwendungsgebiet von Raumzellen waren die vielfach realisierten Sanitärzellen. Bereits in den 1950er Jahren wurden Toilettenabteile für Eisenbahnwaggons als Raumzellen produziert (Entwurf: Werkspoor NV, Amsterdam, NL). Der Vorteil lag nicht nur in der Gewichtsparnis für den Fahrzeug- und auch Schiffbau, sondern ebenso in der durchgehend glatten, widerstandsfähigen und gut zu reinigenden Oberfläche [Saechtling; Schwabe, 1959, 326]. Sowohl in der Altbausanierung als auch in neuen Bauprojekten eingesetzte vorfabrizierte und komplett eingerichtete Sanitärzellen waren nach dem Anschließen der Leitungen sofort betriebsbereit [Knappke, 1975]. Dies förderte eine schnelle und unkomplizierte Bauausführung und letztendlich das industrialisierte Bauen.



Toilettenabteil für Eisenbahnwaggons

Entwurf: Werkspoor NV, Amsterdam, NL

[Saechtling, 1959, 326]

Daß Sanitärzellen auch als eigenständige Gebäude eingesetzt wurden beweist der Bathroom-Tower [1967/10] in Sussex-Garden, London, der für ein Internationales Studentenhotel realisiert wurde. Der Kern aus Badzellen war über eine gewundene Rampe zu begehen. Architekten wie Peter Hübner (ehemals 3h design) entwickelten verschiedene Sanitärbauteile und Zellen. Die Publikation *Sanitärzellen* von Gerhardt Knappke [Knappke, 1975] führte allein 30 Sanitärzellen aus GFK auf, die in Europa und den USA in Serie produziert wurden.

Raumzellen kamen auch als öffentliche Kleinräume wie Kassenhäuschen oder Kiosk zur Anwendung [1971/11] oder wurden als Garagen [1968/10] und mobile Ausstellungsstände [1971/16] und auch als Umkleidehäuschen an Stränden [1974/08] genutzt. Das französische System Algeco 2002 [1970/17] wurde als Variante eines Baustellencontainers in Serie produziert.

Die in den 1960er Jahren für die rapide wachsende Weltbevölkerung als in Herstellung und Nutzung optimale Unterkünfte angepriesenen GFK-Zellen wurden erst in den 1970er Jahren für die in Singapur [1976/01] oder Griechenland, Südamerika, Afrika und Indien [1977/01] sozial schwache Bevölkerung bereitgestellt. Sie boten 10 m² beziehungsweise 12 m² Grundfläche an und konnten auch aneinandergereiht werden.

4.3 Gebäudehülle_ Überdachung

Die Gebäudehülle und die Überdachung sowie die Fassade sind keine Nutzungszuordnungen, sondern Zuordnungen zu einem Bautypus. Dieser wiederum kann verschiedensten Nutzungen, wie im Falle der Gebäudehülle Radome, Gewächshäuser, Lagerhallen, Ausstellungshallen, Bauten für sportlichen Aktivitäten oder eingehaute Brücken innehaben. Überdachungen wurden für Markthallen, Tankstellen, aber auch für Gebäudekomplexe wie Flughäfen oder Schulen genutzt. Sie bereicherten vorwiegend die Industrie- und neuen Siedlungsgebiete, aber auch Messen und Forschungszentren. Die Bevölkerung war den Hüllen oder Überdachungen der öffentlichen Gebäude gegenüber aufgeschlossener als vergleichbaren Entwicklungen im Wohnungsbau. Ende der 1960er Jahre entwickelten unter anderem Tankstellenketten ein eigenes Corporate Identity, um sich gegen die Konkurrenz abzusetzen. Der Architektur der Überdachungen und Verkaufshäuser kam hierbei eine besondere Bedeutung zu. Varianten aus GFK waren neben einem Schalensystem des Architekten Matti Suuronen, FIN [1972/05] oder der Loewy Zelle [1971/08] Schirme zur Überdachung der Standsäulen [1969/17; 1972/08].

Die Gebäudehülle und die Überdachung waren ein besonders für die Ingenieure interessanter Typus, da sie aufgrund ihrer undefinierten Nutzungsbestimmung und fehlenden Raumunterteilung ideale Forschungsobjekte für Tragwerkskonstruktionen darstellten. Aber auch Architekten interessierten sich für die Systeme, die variabel und für verschiedene Bauaufgaben anpaßbar waren. Die Pioniere untersuchten verschiedene Tragwerksformen sowie geometrische Prinzipien der Grundelemente, um immer größere Spannweiten zu erreichen beziehungsweise verschiedene Grundrißvarianten (Kreis, Rechteck, Quadrat) und Verbindungsdetails der GFK-Elemente zu entwickeln. Die Kombination von Sandwichplatten, hyperbolischen Paraboloiden, Kuppelschalen oder Pyramiden schufen verschiedenste Haupttragwerke: Tonne, Faltwerk oder räumliches Tragwerk, Pilz und Schirm. Die Entwicklung von Bauelementen für architektonische Anwendungen basierte auf dem Einsatz des GFK als Glasersatz in Oberlichtern und Vordächern bis hin zu Gewächshäusern. Das hindurchfallende hellgelbe, gleichmäßige Licht unterstrich das lebensfrohe Design der 1950er, die Pastellfarben und die Kurvenformen.

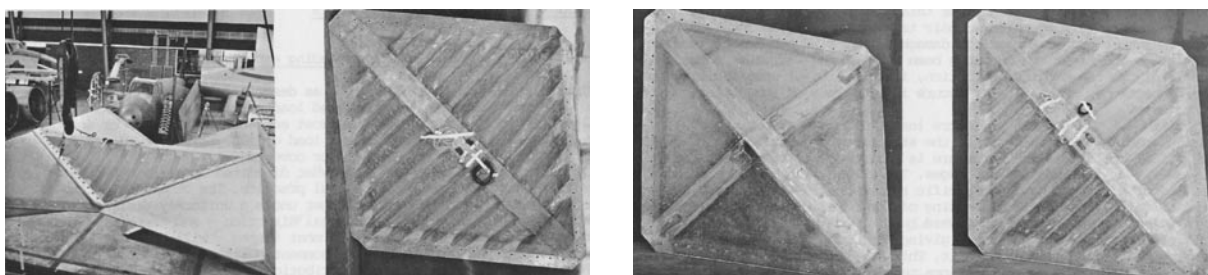


Bahnsteig der Alweg-Versuchsbahn, Seilbahnstation der Bundesgartenschau 1957 in Köln, Deckensegel eines Cafés
[Saechtling, 1959, 376, 375, 222]

Die Pioniere nutzten die glasfaserverstärkten Kunststoffe, da sie für die Serienproduktion besonders geeignet war. Modulare Systeme aus identischen Elementen, wie das der Elementary School [1959/06], ließen sich den verschiedenen Ansprüchen und dem wechselnden Bedarf an Größe und Unterteilung der Räume anpassen. Aber auch einmalig konzipierte und realisierte Projekte ließ die Vorfertigung von mehreren identischen GFK-Bauelementen wirtschaftlich werden, wie es Stephane DuChateau bei der Marktüberdachung von Argenteuil, Frankreich [1967/12] bewies. Dank des leistungsstarken GFK konnten dünne Flächen-tragwerke wie Schalen- oder Faltelemente realisiert werden. Besonders dünne und somit leichte Elemente entwickelte Heinz Isler für die Klimakammern der Schweizer Armee, die aufgrund der kleinen Eingänge per

Hand zum Bauplatz in den Felskavernen getragen werden mußten [1956/02]. Der Transport dieser 1 m x 6 m großen Bauteile war lediglich dank der Verwendung einer optimalen GFK-Schale durchführbar.

Die Transparenz des GFK machte Sonderelemente wie Fenster innerhalb der Überdachungen und der Gebäudehüllen überflüssig, weshalb die innerhalb der Forschungsgruppen entwickelten Systeme ohne weitere Umbauten im Einsatz getestet werden konnten, wie zum Beispiel die Markthallenüberdachung von Pieter Huybers, Delft [1968/23]. Aufgrund der Verwendung identischer Elemente in den Raumgitter-Flächentragwerken, den faltwerken und den Schalen entstand eine in sich gegliederte Gebäudehülle, welche gleichzeitig dem Anspruch an eine architektonisch gestaltete Fassade mit einer klaren Struktur standhielt. Die Elemente selbst konnten auch eine eigene Struktur aufweisen. Variationen erarbeitete Pieter Huybers innerhalb seiner Forschungsarbeit (siehe Abbildung). Allerdings kam er zu dem Schluß, daß sich letztendlich die einfachen Elemente im Tragverhalten zum Herstellungsaufwand am günstigsten verhalten. Wohl intuitiv nutzten alle Pioniere homogene Elemente für ihre Gebäudehüllen beziehungsweise Überdachungen.



Elementtypen für Marktüberdachung [1968/22], Peter Huybers [Huybers, 1972, 230]

Die Durchlässigkeit von bis zu 80 % Tageslicht machte GFK von Anfang an für Gewächshäuser interessant, da das einfallende Licht zudem gleichmäßig verteilt wird und sich als 'diffuses Licht' günstig auf den Pflanzenwuchs auswirkte. Daher gehörte ein Gewächshaussystem [1953/02] der Monsanto Chemical Company zu den ersten Entwicklungen im Bauwesen. Zu Beginn der 1960er Jahre kam es auch in Europa zu zahlreichen Projekten, wie einem System aus der ehemaligen DDR [1960/07] und der BRD [1964/05].

Ein großer Vorteil von GFK-Gewächshäusern war der Wegfall des Korrosionsschutzes der Stahlsprossen und dem für den Glasbruch notwendige Wartungsaufwand. Wegen der geringeren Wärmeleitung von GFK ($\lambda = 0,20 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$) gegenüber Fensterglas ($\lambda = 0,70 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$) konnte entweder die Wanddicke bei GFK bei gleichem Wärmedurchgang wesentlich kleiner sein oder bei annähernd gleicher Wanddicke Heizkosten eingespart werden. Außerdem wurde der Wärmebedarf durch die verringerte Abstrahlung günstig beeinflusst. Die Konstruktionen waren so leicht, daß sie ohne besonderen Aufwand auch verrollbar ausgeführt werden konnten [Saechtling, 1973, 208]. Die Lichtbeständigkeit von GFK-Produkten wurde durch den Zusatz von UV absorbierenden Lichtstabilisatoren gewährleistet, um ein nachträgliches Vergilben bis hin zum Zersetzen des Trägermaterials zu unterbinden.

überschlägiger Kostenvergleich von Gewächshäusern
von 12 m x 24 m Grundfläche [Wende, 1965, 900]

Variante	Funda- ment- preis [DM]	Gebäude- preis u. Montage- kosten [DM]	Gesamt- preis des Rohbaues [DM]	Auf die Grundfläche bezogener Preis [DM/m ²]
Stahlhaus	3000	17000	20000	70
GFK-Schalen im 75-cm- Raster (Kontaktverfahren)	2500	26000	28500	98
GFK-Schalen im 75-cm- Raster (Preßverfahren) .	2500	13000	15500	53
GFK-Schalen im 100-cm- Raster (Preßverfahren) .	2000	11000	13000	45

Eine weitere wirtschaftliche Entwicklung einer Gebäudehülle als GFK-Struktur waren die Radome. Diese basierten auf dem während der ersten Pionierphase entwickelten Tragwerksystem der geodätischen Kuppel von Buckminster Fuller (1950) [Krause, 1999, 33]. Die Ummantelung der empfindlichen Weit-Distanz-Radare des Militärs oder der Wetter-, Sende- und Forschungsstationen [1954/02; 1955/01; 1963/05] mußte im wesentlichen nicht-metallisch sein, da sonst die elektromagnetische Strahlung gestört worden wäre. Da der Schwenkbereich einer Antenne im Grundriß ein Kreis ist, bot sich ein sphärischer Dom, eine Schale als Schutzhülle an. Eine Kugel stellte zudem das maximale Volumen bei geringstem Materialverbrauch bereit [Bau einer großen Radar-Kuppel, 1960, 651]. Sie war aus einem Muster von dreieckigen, fünfeckigen, sechseckigen oder anderen ('geodätischen') Elementen zusammengesetzt, die wiederum aufgrund des geringen Gewichtes, der Stapelbarkeit und des zügigen Aufbaus Idealerweise GFK-Sandwichs waren. Bis heute sind die Radome als Bauwerk optimal in Konstruktion, Form und Material auf ihre Nutzung abgestimmt. Die Kuppeln konnten aber auch als Stall [1954/03], Lagerraum oder Wohnraum genutzt werden. Buckminster selbst wohnte in einer geodätischen Kuppel aus Holz [Krause, 1999, 367].

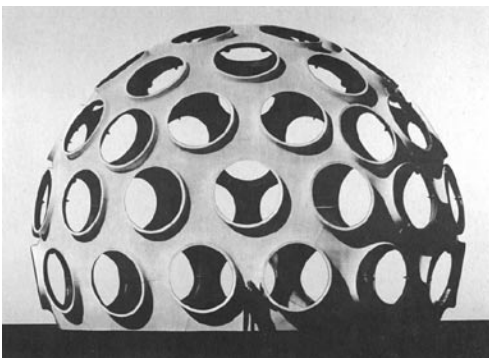


Home Dome, Carbondale, Illinois Fullers eigener Kuppelbau, 1960



[Krause, 1999, 368, 367]

Aber er entwickelte noch einen weiteren Typ, den Monohex [1965/07]. Diese aus identischen dreieckigen räumlichen Elementen aufgebaute Variante konnte auch in Stahlblech oder Holz realisiert werden. Aber allein GFK ermöglicht es, die Elemente in einem Guß perfekt für die Ausbildung der Öffnungen zu formen. Der größte Monohex konnte drei Etagen mit je mindestens 18,6 m² aufnehmen. Eine solche 50-Fuß-Kuppel (15,24 m Durchmesser) wurde 1975 in Los Angeles anlässlich der 200. Jahresfeier der Stadt als Ausstellungsgebäude aufgebaut [www.salsburg.com]. Eine weitere auf dem geodätischen Prinzip beruhende Konstruktion aus GFK war das Kuppeltragwerk über einem Spielplatz in Amsterdam [1970/20]. Diese Konstruktion war eigentlich ein reines Tragwerk, welches dem Aufspannen der Sonnensegel diente.



eine 50-Fuß-Kuppel anlässlich der 200. Jahresfeier von Los Angeles



[Klotz, 1986,], [BFI Archiv]

Die Errichtung von 'freien' Formen als Gebäudehülle interessierte den Architekten Renzo Piano. Er suchte nach einem Weg, synklastische oder antiklastische Flächen herzustellen. Dies war aber mit einigen Schwierigkeiten verbunden, da diese Tragwerke oft Flächen aufwiesen, die sich mathematischen Formulierungen

entzogen. Renzo Piano und seine Forschungsgruppe (siehe Kapitel 3.4 *Forschungsgruppen*) wandte beträchtliche Zeit für eine Lösung dieses Problems auf. Die 'freie' Form definierten sie aufgrund maßstäblicher Studienmodelle und unterteilten diese in kleine Felder, die mit einem Meßapparat ausgemessen und auf einer mechanisch verstellbaren Schalungsform als Sandwichpaneele hergestellt wurden [1967/14] [Compagno, 1991, 17]. Diese wurden vor Ort zu der gekrümmten, teils durchscheinenden Schale verklebt. Die industriell zu fertigenden Rhomben testeten sie für die XIV. Triennale in Mailand. Nach den Auffassungen Pianos bewiesen seine Versuche mit den ausgeführten Prototypen, daß große fortlaufende Systeme, auch wenn sie eine beliebige oder asymmetrische Form aufweisen, mit dieser Technik preisgünstig hergestellt werden können [Makowski, 1970, 118]. Heutige Möglichkeiten des computergestützten Entwurfes und deren Realisierung durch CNC-Fräsen und Robotern können als Nachfolger dieses Apparates [1967/14] angesehen werden. Wobei eine direkt erfahrbare Veränderung von Membranverläufen auch für heutige Architektur und Ingenieurgenerationen ein wichtiger Grundstein in ihrer Ausbildung Darstellung könnte.

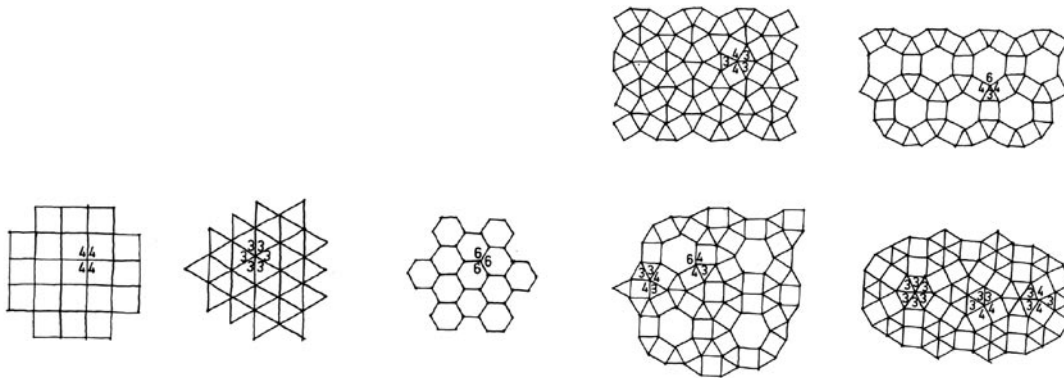
Die hyperbolische Schale (HP-Schale), in den 1930er Jahren entwickelt, nutzte 1959 William R. Orr bereits für eine beeindruckende Gebäudehülle einer Fabrik in Fort Worth, USA [1959/07]. Diese aus selbsttragenden doppelt gekrümmten GFK-Elementen (1,25 m x 1,25 m) bestehende und auf einer Aluminium-Konstruktion liegende Dachhaut nahm die vorwiegend in der zweiten Phase der Pionierzeit realisierten Entwicklungen der modularen Tragwerke vorweg.

Die Mehrzahl der HP-Flächen sind dem Nutzungstyp 'Überdachung' zuzuordnen, so wie das System Polycorolles des Architekten Yves Chaperot [1966/10] oder die Tankstellenüberdachung für Fina Petrol Station [1970/27]. Schirme aus einschaligen GFK-Flächen in Form von HP-Schalen wurden während der gesamten Pionierzeit realisiert. Das ausdrucksstarke Bild der filigranen transluzenten Struktur im Zusammenhang mit der technologischen Leistung eines GFK-Tragwerkes wurde besonders in Ausstellungen genutzt. Beispiele waren der Amerikanische Ausstellungspavillon in Moskau [1959/08], die Pavillonüberdachung 'les échanges' der Expo '64 in Lausanne [1964/07] und ein Pavillon der Internationalen Handelsmesse in Bangkok [1966/07]. Aber auch der Markt in Fresnes [1961/06] wurde mit unverwechselbaren Schirmen mit integrierten transluzenten Flächen realisiert. HP-Sandwichflächen wurden aufgrund ihrer aufwendigeren Herstellung selten realisiert. Ein Beispiel war das vom MIT entwickelte System für Elementary Schools [1959/06].

Gebäudehüllen aus HP-Schalen wurden als Faltwerke ausgebildet. Erklärt werden muß an dieser Stelle, daß die Nutzung von HP-Schalen aus Sicht der Ingenieure nicht als Faltwerk bezeichnet werden darf, da dies gegen die Definition der Faltwerke (Nutzung von ebenen Flächen) verstößt, aber die architektonische Sichtweise sollte sich zur besseren Verständlichkeit des Gesamttragwerkes über solche stringenten Abgrenzungen hinwegsetzen. Gerade diese Systeme sind aufgrund der Verbindung von doppelt gekrümmten Flächen und der geometrischen Rhythmik der Faltwerke von großer Schönheit. Beispielhaft dafür sei die Schwimmbadüberdachung in Lincoln genannt [1968/17]. Die zweiseitige Krümmung der HP-Schalen hat eine große Steifigkeit, weshalb große Elemente mit geringstem Materialverbrauch realisiert werden konnten. So bestand die Schwimmhalle in Lincoln aus lediglich 2,5 mm GFK bei einer rhombenförmigen HP-Fläche mit 15 m x 2,10 m. Daher konnte ein Lichtdurchgang des hellblau eingefärbten Polyesters von 80% erreicht werden. Ein Projekt mit der gleichen Geometrie, aber kleineren Elementen, war die Schwimmhalle in Aberdeen des gleichen Entwurfsteams [1969/13].

Die Forschungsgruppen um Renzo Piano, Z. S. Makowski und Peter Huybers erforschten Variationen von Faltwerken und räumlichen Tragwerken mit GFK. In den Raumgitter-Flächentragwerken aus GFK-Pyramiden und einem Stahl- oder Aluminiumgitter konnten nach der Systematik von Renzo Piano die identischen Pyramiden entweder mit den Spitzen nach oben angeordnet werden, dem sogenannten Pyram-Roof, oder mit den Spitzen nach unten als Space-Deck-System [1965/06]. Variationen der Pyramidengeometrie ergaben ansprechende Tonnengewölbe, wie beispielsweise die Schwimmbadüberdachung von Mill Hill bei London [1963/06]. Wollte man solche Tonnengewölbe als geschlossene Hüllen verwenden, ergab sich das Problem eines architektonisch und konstruktiv funktionierenden Einganges. Kein Problem stellten großflächige

Faltstrukturen oder ebene Stirnseiten unter Verwendung von Stegplatten dar. Aber geringere Volumen von Faltwerken, wie sie bei Zweithäusern vorkamen, litten zumeist unter unsensibel angedockten Eingangsboxen, wie beispielsweise das Zweithaus Mujeres [1968/07].



verschiedene Strukturformen für Gebäudehüllen beziehungsweise Überdachungen, nach Critchlow

[Huybers, 1972, 33]

Die Hauptaufgabe der Forschung bestand in der Suche nach effizienten Strukturformen, der Geometrie der Faltwerke. Einige Ergebnisse waren als Projekte die mobile Anlage zur Schwefelgewinnung von Renzo Piano [1966/06], ein Studienprojekt von B. S. Benjamin [1968/15] und die Marktüberdachung von Pieter Huybers [1968/23].

Da Sandwich-Elemente teurer waren als einschalige, stellte B. S. Benjamin fest, daß selbst relativ uneffiziente, also aufwendig gerippte, einschalige Elemente ökonomisch sinnvoller waren als extrem effiziente Sandwichelemente [Benjamin, 1969, 134]. Die endgültige Form sollte seiner Meinung nach allerdings von dem architektonischen Gesichtspunkt aus bedacht werden. Geometrische Variationen solcher Faltwerksysteme wurden überwiegend in Großbritannien realisiert. Beispiele sind das Lagerhaus von Scott Bader Services Ltd. [1968/12], die Ausstellungshalle in Torquay [1973/07] oder die Passagierüberführung in Adrossan [1973/06].

Gebäudehüllen aus identischen Schalenelementen konnten neben den Faltwerken, HP-Schalen und räumlichen Flächentragwerken, zu ansprechenden Bauten für die Industrie und Landwirtschaft, für den Sport und für Ausstellung genutzt werden. Beispiele waren der Scalloped Dome [1960/05] des amerikanischen Architekten William R. Orr, die Philips Meßhalle [1968/13], eine Schutzhalle für Antennen und Meßgeräte in den Niederlanden, der Schweppes Tunnel [1968/14] und der als Fertigbausystem entwickelte ISV-Kunststoffstall aus Ungarn [1973/08].

Die Gruppe der ingenieurtechnischen Anwendungen, wie Röhren für Frischluft- und Abluftkamine, sind für Architekten erst auf den zweiten Blick beeindruckende GFK-Konstruktionen. Dabei gehören sie zu den frühesten Realisierungen der Pionierzeit. Ein 1954 errichteter Luftansaugkamin von 20 m Höhe mit 1,6m Durchmesser und 15 mm Wanddicke war beispielsweise 1973 noch unverändert in Gebrauch [Sacchling 1973, 204]. Aufgrund der sehr guten Resistenz des GFK gegenüber aggressiven Medien haben sich diese Kamine in chemischen Industrieanlagen auch für Abgase und Feststoffe bei Temperaturen zwischen 45 bis 80°C bestens bewährt. In der ehemaligen ČSSR wurde 1968 ein bemerkenswerter Funkturm mit integriertem Hotelzentrum realisiert. Der 12 m hohe Abschnitt der Funkantennen wurde als einteiliger Rotationshyperboloid aus einer gitterförmigen Tragkonstruktion (GFK-Stäbe) ausgebildet, gestützt von einer Ummantelung aus Sandwichelementen. Die Antennenspitze bestand aus einem 17 m hohen röhrenförmigen Antennenträger aus glasfaserverstärkten Kunststoffen [1968/16].

Die Verwendung einer GFK-Röhre als 46 m hoher Leuchtturm mit 3 m Innendurchmesser [1977/03] hatte neben der kostengünstigen Herstellung auf programmgesteuerten Wickelmaschinen den Vorteil der hohen Widerstandsfähigkeit gegen Meerwasser und Witterungseinflüssen. Die gebräuchlichen Signalfarben wurden

bereits in das Material eingearbeitet, was einen Fortfall der wesentlichen Unterhalts- und Wartungsarbeiten bedeutete. Die gute Transparenz des Werkstoffes war ein weiterer Vorteil, da das Turminnere bei Tag nicht beleuchtet zu werden brauchte [pc spektrum, 1977, 123]. Durch das geringe Bauwerksgewicht und die leichte Montage könnten Leuchttürme aus GFK versetzt werden, wenn dies beispielsweise aufgrund der Verlegung der Fahrrinne notwendig wäre. Lediglich ein neues Fundament müßte dann bereitgestellt werden.

4.4 Ausstellung

„Für Ausstellungen werden oft die Träume gebaut, die die Bauform von morgen beeinflussen. Es ist daher nur verständlich, daß die leichten und farbenfrohen Kunststoffe für Ausstellungsbauten von allen Gestaltern freudig aufgenommen und in sehr großem Umfang angewendet wurden. Der Architekt ist beim Ausstellungsbau freier von Beschränkungen, meist nicht so durch die Bausumme beengt und weniger streng gebunden durch baupolizeiliche Bestimmungen und Belastungsannahmen, z.B. durch den Wegfall der Schneelast. Es entstehen daher gerade bei Ausstellungen oft Konstruktionen und Formen, die für die weitere Entwicklung der Bauweisen und die Anwendung neuer Baustoffe in der rauen Wirklichkeit des baulichen Alltags beispielgebend werden.“ [Saechtling, Schwabe 1959, 371]

Die Vorteile, die Amtor Schwabe beschreibt, sind aber in der Regel gleichzeitige die Nachteile solch einmaliger Konstruktionen, da sie nach Ende der Ausstellungen verschwinden. Dann können nur noch deren Aufnahme in die Lehre und Publikationen ihren architektonischen und technologischen Wert an nachfolgende Generationen weitergegeben werden. Ein bekanntes Beispiel ist das Glashaus von Bruno Taut mit seinen Glasbausteinen, -fliesen, -kacheln, -prismen, das 1914 in der Kölner Werkbundaussstellung zu bestaunen war [Fischer, 1970].



Glashaus von Bruno Taut
Werbundaussstellung, Köln 1914 [Schirren, 2001, 51]

Das Bauen mit glasfaserverstärkten Kunststoffen hatte während der ersten beiden Pionierphasen durch Ausstellungsbauten großen Vorschub erfahren. Besonders die Landesschauen beziehungsweise Weltausstellungen zeugten von den großen Hoffnungen, die in den jungen konstruktiven Baustoff gesetzt wurden. Hier konnten Architekten und Ingenieure ihre gestalterischen und konstruktiven Entwicklungen für die zukünftige Architektur Realität werden lassen. Peter und Alison Smithson entwickelten bereits 1956 für die 'Ideal Home Exhibition' in London eine Rauminstallation 'Wohnen 1980' [1956/05]. Sie vereinten die freieren Formmöglichkeiten des GFK mit dem Wohnkonzept des fließenden Raumes. Die beiden Architekten begründeten zusammen mit Ionel Schein den Ausdruck des GFK, welcher im Zusammenspiel mit Farben und synthetischen Stoffen in den 1960ern so beliebt sein würde.



Peter und Alison Smithson
Ideal Home Exhibition, 1956 [Jackson, 2001, 104]

Die Brüsseler Weltausstellung 1958 ermöglichte einen aktuellen Überblick über die technischen Entwicklungen auf dem Kunststoffmarkt Europas. Was das Bauen mit GFK anging, präsentierte sie aber leider nicht die bis dahin erlangten Erkenntnisse. Zum Beispiel nutzten die USA, welche zu diesem Zeitpunkt schon weitaus größere Fortschritte auf dem Gebiet des Konstruierens mit GFK erlangt hatten, lediglich industriell gefertigte GFK-Sandwichplatten für die Überdachung ihres in der Größe und Atmosphäre beeindruckenden Pavillons [1958/01].

„Wie diese Leichtigkeit des Materials und der Konstruktion in der Erscheinung des Baues zum Ausdruck kommt, dessen wird man sich vielleicht erst richtig bewußt, wenn man bedenkt, daß die US-Halle etwa die gleichen Abmessungen hat, wie das Kolosseum in Rom. (...) Im ganzen aber stellt der Pavillon eine Konstruktion dar, die in ihrer Gleichmäßigkeit und äußeren Erscheinung fast klassisch zu nennen ist, diesen Eindruck aber unter Einsatz modernster Baustoffe und modernster Konstruktionsmethoden erreicht.“

[Schwabe, Mai 1958]

Die Verwendung des GFK als leichte, transluzente Schale wurde durch den Amerikanischen Pavillon der Ausstellung 'American National Exhibition' in Moskau [1959/08] demonstriert. Diese Ausstellungsüberdachung diente natürlich auch der Demonstration des technologischen Fortschritts der USA auf dem Gebiet der Kunststoffe. Weitere Exponate waren eine geodätische Kuppel von Buckminster Fuller und die filmische Dokumentation „Glimpses of the USA“ von Charles und Ray Eames über die USA.

Der zeitgeschichtlich nächste bedeutende Ausstellungspavillon aus GFK, eine Schirmkonstruktion des Ingenieurs Heinz Hossdorf, war die identifikationsstiftende Konstruktion des Abschnittes 'Les échanges' (Waren und Werte) auf der Expo '64 in Lausanne, Schweiz [1964/07]. Ihm war es gelungen, eine bis ins Detail sorgfältig geplante, homogene und vor allem poetische Konstruktion zu entwickeln.



Pavillonüberdachung 'Waren und Werte' Expo '64

Heinz Hossdorf

[Moosbrugger, 1964]

Aber nicht nur konstruktiv konnte GFK als optimales Material für Pavillons überzeugen, sondern auch aufgrund seiner freien Einfärbbarkeit. Die sechzehn in verschiedenen Farben realisierten 7-up-Pavillons, die 1964 auf der New Yorker Expo ausgestellt waren, konnten von den Besuchern leicht als Erfrischungspunkt gefunden werden.

Auch deutsche Ingenieure demonstrierten ihre Erfahrungen mit GFK auf Ausstellungen, etwa die Kugelpavillons der Deutschen Industrieausstellung in Sao Paulo [1971/16]. Diese weckte die Aufmerksamkeit der Bevölkerung zum einen durch Erzeugnisse der chemischen Industrie, zum anderen aber auch wegen ihrer im gesamten sehr farbenfrohen Präsentation [Lippsmeier, 1971, 209]. Ein anderer Kugelpavillon, der wie diejenigen der Industrieausstellung mit Unterstützung des Ingenieurs Stefan Polónyi entstand, wurde für die Kunststoffmesse K'71 in leuchtendem Gelb realisiert [Polónyi, 2003, 233]. Diese ebenfalls aus sphärischen Dreiecken zusammengesetzte Kugelschale hatte die Flansche auf der Kugellinnenseite, was ihr ein gleichmäßigeres Äußeres verlieh.

Im 19. Jahrhundert etablierten sich die Weltausstellungen als Treffpunkt einer globalen Gemeinschaft. Die Konkurrenz der Nationen bewegte sich zwischen Industrieolympiade und Maskenball. Nationale Leistung übersetzte sich in Architektur. Je mächtiger, um so größer und schöner. Nach zwei Weltkriegen sank jedoch

das Vertrauen in den Segen solcher Machtästhetik und machte einem neuen Thema Platz: die vorweggenommene Bewältigung der Zukunft. Sie wurde das Leitmotiv, das alles zueinander in Beziehung setzen konnte: Wohnen und Verkehr, Forschung und Komfort, Raumfahrt und Städtebau.

Die ausschlaggebenden Weltausstellungen waren jene in Montreal 1967 und Osaka 1970. Beide definierten sich über netzartige Tragwerkstrukturen, aus Fertigteilen zusammengesetzt. Die Außenhaut bestand aus einer hinter beziehungsweise vor die Struktur eingespannten Membran, wie bei dem von Renzo Piano errichteten Italienischem Pavillon in Osaka [1970/25].

„War noch 1958 auch bei radikaleren Lösungen die Funktion der Pavillons als Ausstellungsbauten nicht in Frage gestellt worden, so emanzipierte sich hier nun die Architektur, die Hülle, deutlich vom Ausstellungsgut und stand zu diesem in einem oft nur informellen Verhältnis. So war es beispielsweise nicht Buckminster Fuller, der für die amerikanische Ausstellung der Expo Montreal 1967 zuständig war, sondern Fuller unterstand dem Kuratoren-Team, das ihn ersucht hatte, die Ausstellung mit einer geodätischen Kuppel zu umhüllen.“ [Krasny 1997]

Buckminster Fuller stellt Präsident Johnson und Mitgliedern des Kongresses das Modell zum '67 Expo Dome vor, 1966
US-Pavillon während der Expo in Montreal
[Krause, 1999, 422, 424]



Ein weiterer wesentlicher Aspekt, der die Expo '67 und '70 deutlich von früheren Ausstellungen unterschied, war, daß die Architektur nun selbst verstärkt Exponatscharakter erhält. Der Takara-Pavillon des japanischen Architekten und Mitglied der Metabolisten Kisho Kurakawa [1970/21; 1970/22] war gleichzeitig Experiment der neuen Stadtstrukturen, die im Kapitel 5.6 *Stadtstrukturen* näher erläutert werden, zeugten von diesem Anspruch. Diese Expo kam der Visionen der neuen Städte der Metabolisten und Archigram noch am nächsten. Sie waren realisierte Strukturen ihrer Utopien. Gleichzeitig waren sie aber nicht real genutzte Räume, da Ausstellungen nicht bewohnt werden. Die Nutzung über mehrere Wochen war allein dem Servicepersonal und der Aussteller vorbehalten. Deren Erfahrungen in diesen neuen Strukturen wären als Zeitzeugen für Soziologen und Architekten interessant gewesen.



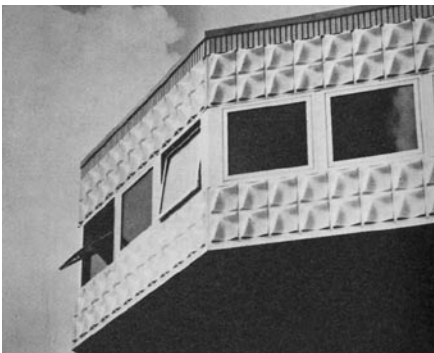
Ausstellungsgelände der Expo Osaka; Japan; 1970 [Osaka, 1970]

4.5 Fassade

Fassaden sind die Gesichter der Gebäude. Von jeher wurden sie daher mit Ornamenten verziert und noch jede Stilepoche hat seine eigenen Ornamente ausgebildet.

„Was hat das moderne, sachliche Bauen mit dem Ornament zu tun? Eine Streitfrage. Nach meiner Meinung wird es beim so sachlichen Bauen gar nicht bleiben. Die Gründerdogmen der modernen Architektur sind längst vielfältig durchbrochen. Gleich vergangener Kunststile und Kulturepochen wird auch unsere moderne Architektur in der Weiterentwicklung sich verfeinern und reichere Gestaltung erfahren. Das Ornament ist längst wieder da, seine gemeingültige Form muß noch gefunden werden.“ [Dollinger, 1966, 18]

In den 1960er und 1970er Jahren herrschten geometrische Formen vor. Die sich an den Fassaden findenden Ornamente waren aber nun nicht mehr ein auf der Handwerkskunst basierendes Schmuckwerk, sondern eine aus der Massenproduktion entwickelte Struktur. Dreidimensionale Fassadenplatten aus Beton, Aluminium und Kunststoffen spielten mit modularen Systemen, mit Mustern von Farben, Licht und Schatten. Die Kaufhauskette Karstadt nutzte diese neue Form des Ornamentes zum Beispiel für ihre Coporate Identity.



Strandturm in Vremen, Ostfriesland (PVC)
[Saechtling, 1973, 334, 292, 298]



Werkskasino Bayer AG in Leverkusen
(PVC)



Modehaus Schneider in Neustadt/
Weinstraße (GFK)

Diese verstärkte Hinwendung zum Ornament, zur Gestaltung der Fassaden, zur Verbindung von Architektur und Kunst, wurde auch als Angleichung an die historische Umwelt angesehen. Die in den späten 1960er Jahren aufkommende Forderung nach einem sensiblen Umgang mit der vorhandenen Baustruktur mündete in dem Aufleben des Denkmalschutzes. Das Bestehende sollte nun innerhalb der neuen Architektur auf irgendeine Weise respektiert werden, ein Neubau also eine Beziehung zur alten Stadt herstellen, ja, Elemente des geschichtlich Gegebenen in sich aufnehmen.

Besonders vielgeschossige Neubauten sollten durch gestaltete Vorhangfassaden die kritisierte monotone Massenbauweise in eine die Stadtlandschaft bereichernde Architektur umwandeln.

„Der Großtafelbau zementiert zudem mit seinen Wänden und Fassaden aus Beton die augenblickliche Auffassung über Wohnen und Arbeiten unwiderruflich fest. Änderungen der Raum- und Fenstergrößen, Durchbrüche, Wandauswechslungen sind nicht möglich. Die Fassaden wachsen infolge der begrenzten Ausdrucksmöglichkeiten des Betons eintönig und bedrückend in die Höhe.“ [Saechtling, 1973, 310]

Varianten aus Kunststoff gaben aufgrund ihrer konstruktiv notwendigen Wölbungen beziehungsweise Faltungen ein Beispiel für Ornamentik im Massenbau. Besonders Kunststofffassaden, im Falle von vorgehängten Platten aus PVC oder sogenannte Leichtbaufassaden als Vorhangwände oder Fassadenelemente aus GFK-Sandwich- oder Mischbauweisen mit GFK-Oberflächen fanden Anwendungen. Aufgrund der fehlenden eigenen Ausdrucksweise des GFK konnte das Material eine Vielzahl von Oberflächen, Farben und Formen annehmen. Aber leider wurde die Gestaltung der Oberflächen durch Strukturierung, Musterung oder Sichtbarmachen der Faserstruktur nur selten ausgenutzt, da GFK durch die nötige Gelcoat-Beschichtung und die Herstellung auf einer Schalungsform bereits als glatt-glänzendes Material in das allgemeine Bewußtsein eingegangen war. Die Architekten und Designer der 1960/70er Jahre nutzten GFK mit einer glatten, kalten und glänzenden Oberfläche, das Spiel mit Textur und Mustern überließen sie dem Alumi-

nium, PVC und Beton. Lediglich Amtor Schwabe wies auf die Schwierigkeit der Herstellung einer exakten glatten Oberfläche hin, und riet zu einer strukturierten Oberfläche [Schwabe, 1959]. Ein vorbildhaftes Beispiel einer strukturierten Oberfläche durch Sichtbarmachen der Glasfasermatten ist lediglich aus dem Designbereich bekannt, der Sessel PAW (1950) von Ray und Charles Eames.



Sessel PAW, 1950 von Charles und Ray Eames [Hufnagl, 1997, 67]

Gestaltprägend war der mögliche Formenreichtum der GFK, die in Form von Schalen oder Faltwerken ihre Stabilität verbesserten und als dünne Haut realisiert werden konnten. Beispiele solch architektonisch gestalteter Fassaden durch GFK-Schalen sind das Bürohaus in Herleen, Niederlande [1970/24] und die Raststätte Pratteln, Schweiz [1978/01]. Eine gelungene Variante einer gefalteten Struktur für einen dreigeschossigen Wohnungsbau wurde von dem Architekten Joao Honorio in Novo Irajá, Brasilien realisiert [1974/09].

Die Möglichkeit der Durchfärbung des Polyesters sicherte eine langjährige Farbechtheit. Das Sabemo House von 1968 [1972/07] schuf sich ein unverwechselbares Aussehen zum Beispiel durch eine eingeschossige Ausführung in orange, ein weiteres Hochhaus des gleichen Architekten wurde in Perth, Westaustralien vollständig in hellblau realisiert. Die Fassade der Vanessa Radgrave Nursery School, Großbritannien [1973/09] verband Form und Farbe zu ihrem gelungenen architektonischen Konzept.

Fassaden aus glasfaserverstärkten Kunststoffen waren, wie schon erwähnt, Leichtbaufassaden in Form von Vorhangwänden oder Fassadenelementen. Sie konnten als Sandwichkonstruktionen oder in Mischbauweisen mit GFK-Oberflächen ausgebildet sein. Sie waren selbsttragend und nahmen Windlasten auf. Die Nutzlasten sowie die Lasten des Daches wurden von den Decken und innenliegenden Stahl- oder Betonskeletten beziehungsweise -kernen übernommen. Holzskelette wären aber ebenso denkbar gewesen. Realisierte GFK-Fassaden waren keine Experimentalbauten. Aufgrund ihrer Nutzung und mehrjährigen Anwendung war es unumgänglich, hierfür Baugenehmigungen mit den entsprechenden Sicherheitsnachweisen zu erhalten. Nach einem Bericht von Z. S. Makowski hing in Großbritannien der Einsatz von Fassadenplatten von der Lage des Geländes, von der Nutzung und der Höhe des Gebäudes ab. In den meisten Fällen sei der Einsatz von tragenden GFK-Platten vollkommen durchführbar gewesen.

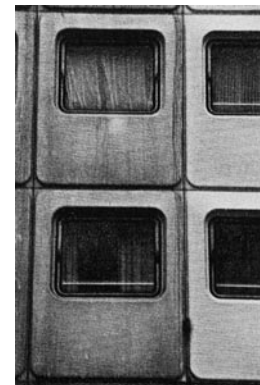
Feuertests wurden von Polyplan Ltd. durchgeführt und ließen die Sicherheitsmaßnahmen für die Innenausstattung eines Gebäudes mit GFK-Verkleidung unter einem neuen Licht erscheinen. Selbst mit der einfachsten einschaligen Platte konnten 90 Minuten Resistenz bis zum Durchbruch des Feuers erreicht werden [Makowski, 1972, 16]. Daraufhin wurde von der Indulex Engineering Co., London das Indulex System (SF 1-Panel) entwickelt, das eine raumhohe Fassadenplatte inklusive Fenstern, vollständig ausgestatteter Innenwand und Verbindungsdichtungen umfaßte. Dieses Mischsystem, bestehend aus einer GFK-Außenschale (3 mm), Gasbeton (300 kg/m³), Gipskartonplatte und Dampfsperre wurde beispielsweise als Fassade der Elgin Estate, London [1966/08] eingesetzt. Dieses System wurde vom Greater London Authority für mehrgeschossige Bauten zugelassen, nachdem es von Yarsley Research Laboratories in Chessington, Surrey vorher getestet wurde. Das beschichtete preßgeformte GFK überlebte den Feuertest, den beschleunigten Alterungstest und den ebenso üblicherweise beschleunigten Bewitterungstest [Makowski, 1972, 16]. Ein anderes

britisches Mischsystem, das RESIFORM-System, bestand aus selbsttragenden Holzrahmen, die eine deckelförmige Bekleidungsplatte aus GFK (3 mm) trugen und innen mit Mineralwolle gefüllt war. Dieses System wurde mehrfach zum Bau von dreigeschossigen Wohnhäusern in Großbritannien verwendet [Saechtling, 1973, 313].



Resiform-Fassadensystem, GB [Saechtling, 1973, 313]

Aber auch GFK-Sandwich-Paneele mit PUR-Schaumkern fanden im mehrgeschossigen Wohnungsbau Eingang, verwendet zum Beispiel an einem elfgeschossigen Bankgebäude in Brüssel [1970/26]. Leichtbaufassaden wurden im Werk in der Regel als eingeschossige Elemente vorgefertigt. In Großbritannien wurden aber auch Elemente über drei Stockwerke produziert, gleichfalls in den Niederlanden [1977/04]. Die Fassadenelemente konnten aufgrund des geringeren Gewichtes im Vergleich zu schweren Tafелеlementen des Betonbaus über weitere Strecken wirtschaftlich transportiert werden. Der vereinfachte Einbau der fertigen Paneele und deren kostengünstige Pflege waren neben der Materialeinsparung der Unterkonstruktion und des Fundamentes wichtige wirtschaftliche Punkte. Sie brauchten nur mit Wasser gereinigt werden, Anstreichen oder andere Renovierungsmaßnahmen entfielen. Was aber eine regelmäßige Reinigung der Fassaden ausmachte, verdeutlicht die Abbildung der Fassade der Elgin Estate [1966/08], welche nach acht jähriger Standzeit 1974 das erste Mal gesäubert wurde.



Elgin Estate, GB [Schwabe, 1973, 315]

4.6 Spielgerät

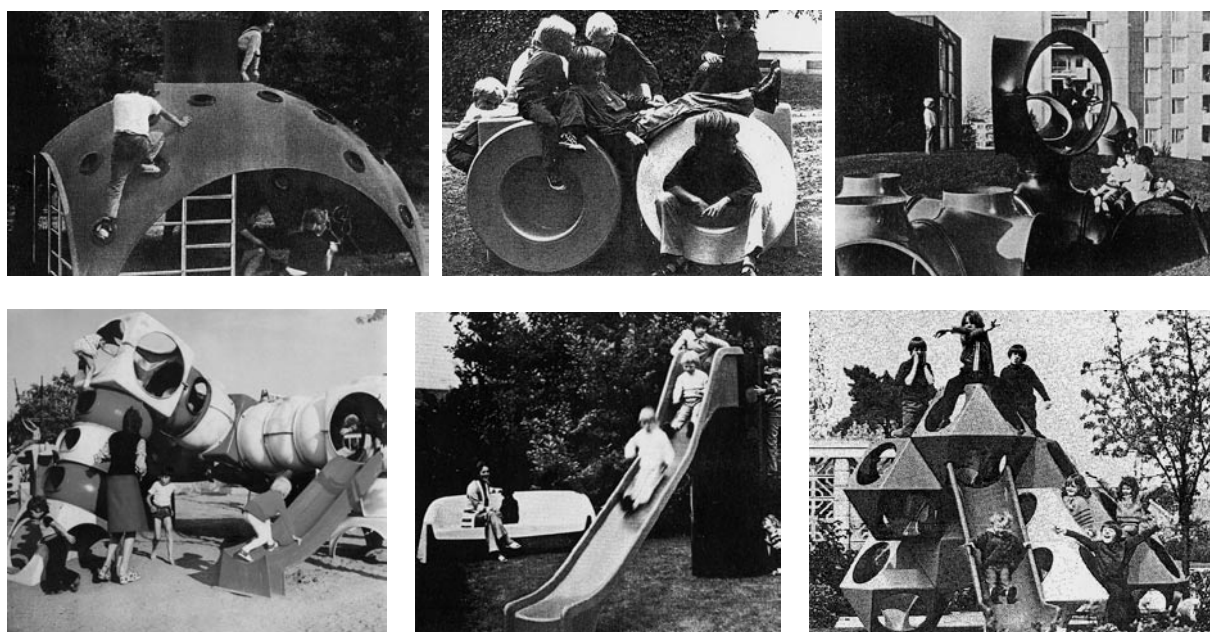
„Unsere Kinder brauchen das Spiel und den Aufenthalt an frischer Luft. Spielend lernen Kinder ihre Umgebung kennen und begreifen, spielend erwerben und entwickeln sie Fähigkeiten, Kenntnisse und Verhaltensweisen, spielend erlangen sie solche für das Leben in der Gesellschaft wichtigen Charaktereigenschaften wie Selbstständigkeit und Gemeinschaftssinn, Gerechtigkeitsempfinden, Mut und Beharrlichkeit. Im Spiel finden sie Erfüllung ihrer natürlichen und vielseitigen Bewegungsbedürfnisse, erleben sie Freude und Selbstbestätigung (...).“ [Lammert, 1978, 5]

Die Anlagen für das Spiel sollten daher interessant gestaltet und differenziert ausgestattet sein, um eine abwechslungsreiche und phantasiefördernde Spiellandschaft bereitzustellen, die die Kinder zum Klettern,

Rutschen, Verstecken und auch zur eigenen Gestaltung der beweglichen Elemente einladen. Die Spielelemente können hierbei aus Stahl, Holz, Beton und Kunststoffen sein, so daß die Erfahrungen der Haptik und der Umgang mit verschiedenen Materialien im Spiel erfahren werden kann.

Klettergerüste, Rutschen und Schaukeln aus GFK wurden zum Beispiel in der Schweiz [1973/12; 1973/13], Frankreich [1973/14], der BRD [1974/12] und der ehemaligen DDR [1975/01] hergestellt. Der große Vorteil von GFK war neben dem farbenfreudigen Erscheinungsbild auch das geringe Gewicht, das den Kindern ermöglichte, große Bauteile zu bewegen und ihre eigene Spielplastik zusammenzubauen.

Ein künstlerisch sowie tragwerkstechnisch interessantes Beispiel ist die heute noch bespielbare Kletterplastik des Schwimmbades Tramelan, Schweiz [1974/13], welche aus identischen hyperbolischen Elementen aufgebaut ist. Die farben- und formfrohen GFK-Schalen mußten selbstverständlich baurechtlich und gesundheitstechnisch abgenommen sein. Leider war aber die aufwendige Herstellung und der daraus folgende hohe Verkaufspreis ein Hinderungsgrund für die weite Verbreitung. Die Spielplastik von Werner Zemp [1973/12] wurde zum Beispiel nur als Prototyp realisiert [Zemp, 27.11.2004].



Spielplatzgeräte von Keraplay, BRD [1974/12], Folanum von Jean-Michel Folon, Frankreich [1973/14], Lozziwurm von Werner Zemp, CH [1973/12], von A. Löffler, DDR [1975/01], Rutschburg der Kerachemie, BRD [1974/12] und Gugu von Gufram Mobili, Frankreich [1973/14]

5. Die Architektur / Formfindung

Die Architekten, Ingenieure und Hersteller, die Bauten aus glasfaserverstärkten Kunststoffen schufen, beeinflussten durch ihre Entscheidungen der Ausbildung die Formgebung des jungen Werkstoffes GFK, der bis in die 1960er Jahre unverbraucht war und keinerlei Assoziationen weckte. Sie standen ihm offen und interessiert gegenüber und waren davon überzeugt, daß sich die gesamte Architektur aufgrund der Kunststoffe als Baumaterial positiv verändern würde. „Die unermesslichen Verwendungsmöglichkeiten, die sich diesen neuen Kunststoffen bereits erschlossen haben, werden neue Formen und eine neue Schönheit hervorbringen.“ [Ragon, 1968, 30]

Damals waren alle Beteiligten auf der Suche nach der Architektur aus Kunststoff, speziell aus glasfaserverstärkten Kunststoffen. Die Architekten arbeiteten aber nicht vollkommen frei mit den sich anbietenden Form- und Raumkonzeptionen. Ihre Suche nach einer eigenen Ausdrucksweise wurde maßgeblich durch die Architekturdiskussion der 1950er bis 1970er Jahre beeinflusst: dem Organhaften Bauen, den utopischen Ansätzen der Metabolisten und Archigrams bis hin zu den Strukturalisten (Definitionen siehe Anhang 9.6 *Architekturströmungen*). Bereits im Kapitel 3. *Die Pioniere* wird die Tragwerksskulptur des Tektonischen Expressionismus (Definition siehe Anhang Kapitel 9.6 *Architekturströmungen*) beschrieben. Auch wenn man nun versuchte die technologisch und gestalterisch herausragenden GFK-Projekte diesen Architekturströmungen zuzuordnen, bleibt die Frage nach den Inspirationsquellen bestehen, da die Strömungen selbst erst im Nachhinein definiert wurden. Dieses Kapitel der Architektur / Formfindung untersucht diese Quellen und Vorbilder.

Die Mehrzahl der Architekten und Designer sind heute der Meinung, daß die Raumfahrt einen erheblichen Einfluß ausübte. Ausgelöst wurde dies durch die auffällige Ähnlichkeit zwischen den Vorstellungen eines UFO und einigen Zweithäusern, speziell dem Futuro. Diese Fixierung auf die Raumfahrt findet man bereits in den 1960/70er Jahren in Veröffentlichungen der Tagespresse und Magazinen wie dem Playboy. In der Fachliteratur und den Unterlagen der Pioniere ist ein direkter Zusammenhang aber nicht nachweisbar. Matti Suuronen, der Architekt des Futuro, wies mehrfach energisch darauf hin, daß seine Erfahrungen mit dem Werkstoff GFK, einer mathematisch bestimmbaren Form und der Grundidee einer autarken Skihütte mitten in der Weite Finnlands zu dem Aussehen des Futuro führten.

Die Inspiration der Raumfahrt muß aufgrund fehlender Beweise als vernachlässigbar eingestuft werden. Die Herstellung und Ausstattung von Raumfahrtkapseln aber auch von Flugzeugen mit GFK liegt an dessen großen Vorteilen, wie dem geringen Gewicht im Verhältnis zu seiner Tragfähigkeit und seiner robusten Oberfläche. Die Ausführung mit gekrümmten Flächen und gerundeten Ecken basiert auf den Stoffeigenschaften und der Herstellungstechnik der GFK. Daß in Filmen wie '2001 - Odyssee im Weltraum' (Stanley Kubrick, 1968) der überwiegende Anteil der Ausstattung mit Kunststoffen erfolgte, ist dem hohen ästhetischen Anspruch in Zusammenhang mit dem Zeitgeschmack, aber auch dem Synonym der Kunststoffe als Werkstoff der Zukunft zu verdanken.

Eine nicht ganz von der Hand zu weisende ästhetische und auch formale Beeinflussung erfolgte aus dem in den 1930er Jahren verbreiteten Design der Stromlinienform. Deren Schwerpunkt lag allerdings auf dem Gebiet des Transportwesens. Luftschiffe, Triebwagen, Lokomotiven, Automobile, Autobusse, Motorräder, Flugzeuge und Schiffe wurden nach aerodynamischen Prinzipien entworfen [Liechtenstein, 1992]. Es entstand eine formale Ganzheit, die gleichzeitig statische Steifigkeit bei geringem Gewicht mit einer geglätteten sphärisch gekrümmten Oberfläche verband. Zum Einsatz kamen vor allem helle Leichtmetalle.

Nach dem Krieg beeinflussten die Grundsätze der Stromlinienform, der bewußten Formgebung, der sinnlichen Gestaltung und dem skulpturalen Charakter weiterhin die Industriedesigner. Jetzt kamen aber auch die GFK zum Einsatz, wie zum Beispiel als Gehäuse für das Convair Car [1947/01] und dem Chevrolet Corvette [1953/01]. Anhand des Werkes des Industriedesigners Henry Dreyfuss (1904-1972) kann man die Beeinflussung der Stromlinienform auf das Design und der Architektur nachvollziehen [Flinchum, 1997]. Vor allem das

Prinzip der Ganzheitlichkeit, der Harmonie und der Verbindung aller Einzelteile zu einem Ganzen übertrug er auf seine architektonischen Entwürfe, wie zum Beispiel der Badezellen des Monsanto House [1957/01]. Aber gerade diese Prinzipien wurden als Hauptmerkmal im Werk Frank Lloyd Wrights hervorgehoben. Dort basierten sie allerdings auf einem organischen Grundgedanken.

Die Mehrzahl der GFK-Bauten erinnert aufgrund ihrer Form an organische Gebilde. Architekten und Ingenieure verwiesen im Entwurfsprozeß immer wieder auf vorbildliche Naturgebilde wie Muscheln. Ist die Idee des Organischen demnach die weitaus bedeutendste formale und konstruktive Beeinflussung innerhalb der Architektur, speziell der Architektur aus glasfaserverstärkten Kunststoffen?

5.1 Organische Architektur

Laut Dörte Kuhlmann gibt es in der westlichen Kunst- und Architekturtheorie keine Idee, die fundamentaler oder weiter verbreitet wäre als die der Naturnachahmung [Kuhlmann, 1998]. In der klassischen Architektur lagen die Analogien der Natur in der Nachahmung der Proportionen der Natur und des Menschen in den Bauten. Die Moderne verwendete die Prinzipien der Natur, die Tragwerksformen und die Ableitung der Kräfte wurden direkt aus ihr übernommen. Es fand also ein Paradigmenwechsel statt, welcher innerhalb der sich entwickelnden Organischen Architektur oder auch der Organizismustheorie analysiert wurde [Kuhlmann, 1998]; [Geiger, 2005].

„Dennoch, wie es bereits A. W. Schlegel in seiner Kunstlehre bemerkte, entzieht sich das *ars imitatur naturam* von Aristoteles und seinen unzähligen Nachfolgern einer genauen Faßbarkeit, denn »die Unbestimmtheit und Vieldeutigkeit der Begriffe Natur und Nachahmung hat hierbei die größten Mißverständnisse verursacht und in mannigfaltige Widersprüche verwickelt.«” [Kuhlmann, 1998, 10]

Die Untersuchungen zu den Grundlagen des Begriffes und der Inhalte des Organischen in der Architekturgeschichte verdeutlichen, daß letztendlich alle Theorien und Strömungen auf der Auseinandersetzung mit der Natur basieren. Denn letztendlich hat, wie es Bruno Taut sagte, die Natur in der Kunst „nie einen anderen Sinn, als den, daß der Künstler und sein Werk selbst Natur ist.” [Zitat in Geiger, 2005, 30]

Das grundlegendste und allgemeinste Konzept des Organizismus (nach D. Kuhlmann) wird in der Vorstellung der organischen Einheit verkörpert.

„Das Prinzip, daß ein Architektur- oder Kunstwerk so gestaltet werden muß, daß jedes Element notwendig ist, keines überflüssig ist und daß jede Veränderung zu einer Verschlechterung führen würde, galt als fundamentaler Lehrsatz des Klassizismus und der Romantik und dominierte die Kunsttheorie bis zur Postmoderne. Dennoch gab es verschiedene Weisen, auf welche man diese Einheit zu erreichen gedachte: in der Renaissance beispielsweise durch anthropomorphe Proportionen und später durch flexiblere morphologische Variationen derselben Idee; oder durch verschiedene Konzeptionen von Funktion und Struktur als Regelprinzipien für eine Einheit.” [Kuhlmann, 1998, 13]

Nach Annika Waenerberg sind in der Kunst drei Hauptphasen der organischen Analogie anhand einer groben Zeiteinteilung zu unterscheiden [Geiger, 2005, 23, 30]: Von der Antike bis zur ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde der Körper als wichtigste Referenz des Organischen aufgefaßt. Dies bedeutet die Imitation des menschlichen Körpers und seiner geheimen Proportionen bis hin zur Symmetrie im allgemeinen. Seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts ist der neue Bezugspunkt das Prinzip des Lebens, einschließlich der direkten Imitation der sichtbaren Natur oder der versteckten Gesetze der Natur. Seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts bezieht sich die Analogie auf das Prinzip der Evolution nach dem darwinistischen Prinzip, der Organisationsweise der Natur. Man assoziiert hierbei eine Ganzheitlichkeit wie die des Organismus, d. h. ein zweckmäßig eingebunden sein der Teile in eine übergeordnete Ganzheit oder auch das Prinzip einer Selbstorganisation. Diese Kriterien der Analogien werden klarer, wenn das jeweilige Gegenteil miteinbezogen wird: Den Gegensatz zum Körper als dem organischen Ganzen bildet das Nichtgeordnete, das Chaotische. Das Leben wird dem Tod beziehungsweise dem Mechanischen gegenübergestellt, und für die

Evolution bildet das Alte und das Traditionelle den Gegensatz. Dabei können in den einzelnen Epochen verschiedene Ebenen auch gleichzeitig auftreten: Um 1800 wurde sowohl die mimetische organische Analogie (z. B. die morphologische Form als Vorlage für das Kunsthandwerk) als auch die abstrakt organische Analogie (z. B. die Übertragung der Naturgesetze als Kunstgesetze) herangezogen.

Im Gesamtzusammenhang sind fünf Ansatzpunkte zu einem organischen Verständnis in der Architektur vorhanden:

- Der Übertragung der Proportion und der Symmetrie des Menschen auf die Architektur
- Die direkte Imitation der Naturformen
- Die versteckte Imitation der Naturgesetze
- Die Ganzheitlichkeit der Architektur
- Der evolutionäre Naturgedanke nach Darwin

Diese Prinzipien sind auch Grundlage der Architekturdiskussion und des Selbstverständnisses der Architekten der Moderne bis hin zur Postmoderne.

Die Moderne formierte sich aus Umwandlungsprozessen der Ablehnung gegen die eklektische Architektur des 19. Jahrhunderts, die mit Begriffen wie 'Parvenuekultur' oder 'Gründerpracht' umschrieben wurde. In dieser sah zum Beispiel Hendrik Petrus Berlage die Materialisierung der degenerierten Gesellschaft, des ständig wachsenden Kulturverlustes und einer geistigen Leere. Eine sich gründende Gegenbewegung aus künstlerischen Kreisen, unter ihnen Henry van de Velde und Adolf Loos, lehnten die historisierenden Fassaden als falschen Schein ab und propagierten dafür die Wiederbelebung künstlerischer Tradition und eine 'ehrliche' Architektur [Kuhlmann, 1998, 74]. Aber auch der Protest gegen die menschenunwürdige Behausung von Millionen wird erhoben, die Anklage, daß die Architektur des 19. Jahrhunderts die sozialen Aufgaben, die sich ihr stellten, völlig übersehen habe. Sie erklärten, daß die sozialen Erfordernisse, daß Material und Konstruktion, Zweck und Gebrauch den Ausgangspunkt jedes Entwurfs zu bilden hätten. [Joedicke, 1965, 9] Die Architekten der Moderne setzten an die Stelle der Schablonen und Musterbücher der Gründerzeit, dessen Stilformen und Formkategorien, eine Gestaltungsmethode, welche die Tätigkeit des Architekten wieder auf jenen Punkt zurückführte, von dem aus allein die drängenden Aufgaben der Zeit gelöst werden konnten: sie erklärten, daß die sozialen Erfordernisse, daß Material und Konstruktion, Zweck und Gebrauch den Ausgangspunkt jedes Entwurfs zu bilden hätten [Joedicke, 1965, 9]. So stellt Wolfgang Pehnt fest:

„Gemeinsam war ihnen allen der Wunsch nach dem großen Projekt, das die Künste zusammenfaßte, jener Wunschtraum, der ungeachtet aller wechselnden Stilvorstellungen vom Jugendstil über den Expressionismus bis zum Neuen Bauen der zwanziger Jahre überdauerte.“ [Schneede, 1995]

Die Suche nach den Inhalten und Ausdrucksformen der neuen Architektur führte über Analogien aus der Natur. Die Bandbreite veranschaulichten die verschiedenen entstandenen Strömungen, wie der Jugendstil, der Expressionismus der Alpinen Architektur, der Gläsernen Kette bis hin zum Neuen Bauen oder dem Organischen Bauen Hugo Häring's. Sie stellten dabei nicht nur die Stileinheiten vergangener Epochen in Frage, sondern entzogen sich einer vereinheitlichenden Beurteilung der Moderne. Von Anfang an war deren Kennzeichen der Pluralismus [Klotz, 1996, 228]. Ihr diesen zu nehmen, den sie gerade in der Anfangszeit durch utopische Visionen und soziale Forderungen hatte, führte die Moderne zu einer groben und oberflächlichen Vereinfachung und in der letzten Folge zu dem unmenschlichen Bauwirtschaftsfunktionalismus (nach H. Klotz) der 1960/70er Jahre.

Eine Vielzahl der Architekten, die nach dem Zweiten Weltkrieg ausgebildet wurden, nahmen bewußt oder unbewußt auf die ursprünglich von den Gründungsvätern der Moderne aufgestellten Richtlinien eines 'Neuen Bauens' Bezug. Sie wehrten sich gegen die Vereinheitlichung der Architektur, der Massenbauweise zur Beseitigung der vorhandenen Wohnungsnot. Sie suchten wiederum, wie ihre Vorgänger, nach einer neuen,

menschlicheren Architektur, die auf den Prinzipien und Formen der Natur basiert. Unter ihnen erkannten einige die Formmöglichkeiten der Kunststoffe, speziell der glasfaserverstärkten Kunststoffe.

Ulrich Pantle:

„Die Bedeutung des Organischen als Versöhnungsappell von Körper und Geist, von Natur und Technik, zeigte sich insbesondere in der Nachkriegssituation in Deutschland. Diese Epoche ist insofern prädestiniert dafür, als daß sie als große Krise der Moderne gelesen werden kann. Sowohl die Fortschrittsgläubigkeit wie auch der Technikoptimismus früherer Dekaden hatten durch die erlittenen Erfahrungen mit den totalitären Regimen, dem Holocaust und den zerstörerischen Kräften der intensivierten Waffentechnik im Zweiten Weltkrieg eine eminente Desillusionierung erfahren. (...) Ästhetische und ethische Belange lassen sich nicht trennen, 'Bauform ist Lebensform' wie es Otto Bartning formuliert hatte. Wie schon in den Jahrzehnten zuvor verschwammen für die Architekten der Nachkriegszeit die Grenzen zwischen Kunst und Alltag, zwischen Architektur und Leben zwischen Natur und Technik. Durch Architektur sollte wieder eine Ganzheitlichkeit erzeugt werden, die auf dem Seziertisch der Moderne längst in ausdifferenzierte, autonome Teile zerstückelt worden war. Die Zerstörung wurde mit dem Verlust des 'Geistigen' in der Architektur gleichgesetzt, und einen Ansatz für dieses Fügungsunternehmen bot das Organische. Mit ihm sollte das Dilemma der Moderne eine Wende zum Guten erfahren, die Überreste der Geschichte wieder zu einer Ganzheit verbunden werden. Aus der Kritik, daß die Menschen in der Moderne selbst ihren Status verringert hätten, 'nicht mehr das Maß der Dinge' seien, strebten die Architekten nach einer Erfahrung von ursprünglicher Nähe, nach konkret sinnlich Erfahrbarem, nach einer Architektur als sanfte, schützende Hülle. (...) Immer noch steht der Versöhnungswille der Moderne im Mittelpunkt, die Versöhnung des Geistigen mit dem Technischen, des entfremdeten Menschen in der Moderne mit dem idealisierten Bild einer ursprünglichen Natur.“ [Geiger, 2005, 134, 144-145]

Der Suche nach einer Architekturform- und -nutzung ist Grundlage zahlreicher GFK-Bauten und als Projekt verbliebener Entwürfe. Grundlegend war der Wunsch, dem Menschen eine erfahrbare, animierende und phantasievolle Umwelt als Wohnraum zu geben. Jetzt war es aber erstmals möglich, eine nie dagewesene Zahl dieser Phantasien zu realisieren, welches zu weiteren Form- und Raumkonzeptionen führte, die wiederum neue Architekturtypen hervorbrachte. Die Entwicklung einer neuen Architektur und somit einer neuen Umwelt schien sich um ein Vielfaches zu beschleunigen, die Menschen erwarteten, daß bereits ihre Enkel in einer vollkommen neuen Welt leben würden.

Es wurde bereits erläutert, daß die Pioniere des Bauens mit glasfaserverstärkten Kunststoffen nicht plötzlich und spontan die Formen und Konstruktionen entwickelten, sondern daß sie den vorhandenen Theorien und den Konstruktionswissen einen erheblichen Entwicklungsschub gaben. Die Grundlagen werden in den anschließenden Teilkapiteln näher erläutert.

5.1.1 Einheit von Gebäude und Natur

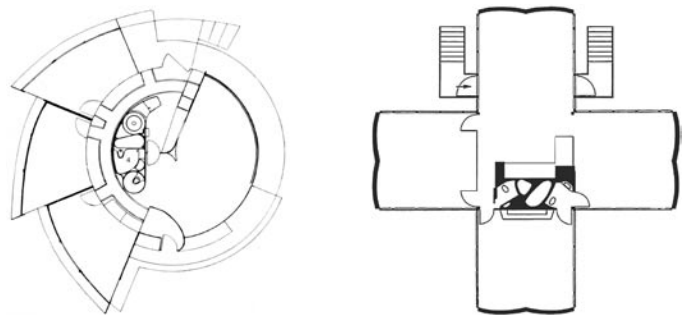
Die beiden ersten Kunststoffhäuser, das französische Schneckenhaus [1956/01] und das Monsanto House [1957/01] stehen in der Tradition der klassischen Moderne. In ihrem Entwurf sind Analogien zu den Grundgedanken der Einheit eines Gebäudes nach Louis H. Sullivan (1855-1924) enthalten. Sullivan forderte 1892 in seinem Diktum 'form follows function', daß harmonische Ordnung einem 'inneren Keim' und nicht der 'Stilhülle' zu folgen habe. Er verstand ein Bauwerk als natürliches, wesenhaftes Ganzes, daß tatsächlich Leben habe. Es ist demnach kein vom Mensch geschaffenes Artefakt mehr, sondern führe ein Eigenleben, das sich sogar von seinem Schöpfer zu lösen vermag. Der Künstler ist nach Sullivans Aussagen nicht der 'Macher' des Kunstwerks, sondern nur sein 'Interpret und Prophet'. Das Gleiche forderte er auch für die Ornamentik der Gebäude: „Sie müsse wie durch eine geheimnisvolle Kraft aus dem Material selbst wachsen. Letztendlich sei daher jedes Gebäude so individuell wie der einzelne Mensch.“ [Zitat in Geiger, 2005, 61]

Das Französische Schneckenhaus [1956/01] und das Monsanto House [1957/01] wurden nach dem Anspruch einer zum Beispiel von Henry van de Velde beschriebenen Schönheit entworfen.

„Man könnte den Grundgedanken der Schönheit der notwendigen Formen, (...) dahin zusammenfassen, daß ein Gegenstand, eine Sache schön sind, wenn sie so sind, wie sie sein sollten, so wie jemand, der sich zum ersten Mal ihre Nützlichkeit und die Leistung, die man von ihnen erwartet, befragt, sie ohne Hintergedanken gefaßt haben würde.“

Die Ansprüche an die Nutzung und an das Material mußten zusammengeführt werden. Der Schwerpunkt lag in der Ausformulierung ansprechender, moderner und funktional hochwertiger Einfamilienhäuser. Obwohl es sich hier um eine Herstellung mit Serienbauteilen handelte, wurden beide Häuser nicht ausschließlich nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten, also dem gestalterisch kleinsten Nenner zwischen Material und Raumnutzung geplant. Die zwei GFK-Häuser hatten einen ausgewogenen Grundriß, der die Aufenthaltsräume um einen zentralen Kern gruppierte. Das französische Kunststoffhaus nahm hierbei formale Anleihen an einem aufgeschnittenen Schneckenhaus, das amerikanische bei einer Blüte, wodurch sie ebenfalls dem zweiten Abschnitt dieses Kapitels, den *Formen aus der Natur* (5.1.2) zugeordnet werden könnten. Insgesamt zeigten beide Häuser die von Sullivan geforderte Einheit eines Gebäudes als organisches Ganzes, welches nach Wright, dem Schüler Sullivans, durch ein Herzstück als Zentrum des Gebäudes, welches zumeist der Herd darstellte, erreicht werden konnte [Kuhlmann, 1998, 55]. Der zentrale Block beider GFK-Häuser war nicht der Herd als Zentrum des Hauses, sondern die frei geformten Naßzellen.

Diese wurden, frei nach den Prinzipien der klassischen Architektur, der Nachahmung der Proportionen des Menschen entwickelt. Innerhalb des Französischen Schneckenhauses entwarf Ionel Schein ein Badezimmer das nach den Gebärden des Menschen und mit den Maßen von Apparaten, die diesen menschlichen Gebärden gerecht werden, entwickelt wurde [Schein, 1957, 57]. Auch der zentrale Kern des Monsanto Hauses, vom Industriedesigner und Verfasser eines Normierungshandbuchs für die menschlichen Maße für Design und Architektur Henry Dreyfuss entwickelt [Dreyfuss, 1955], nutzt die freie, an den Menschen angepaßte Form eines Badezimmers. Hier geht die Anpassung an die menschlichen Maße in eine rein praktische über, die Waschtische wurden höhenverstellbar angebracht, so daß sie sich den Größen der Kinder anpassen ließen [Monsanto, 1957].

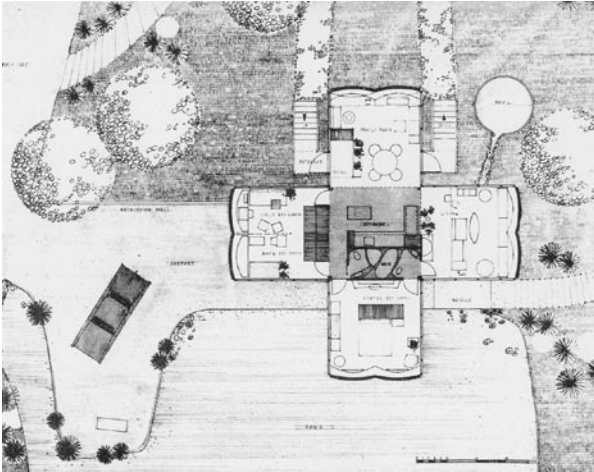


Französisches Schneckenhaus [1956/01]

Monsanto House [1957/01]

Der Grundgedanke Sullivans und Wrights, der Schaffung eines einheitlichen, ausgewogenen, proportional und funktional auf den Nutzer ausgerichteten Gebäudes und die Einheit des Gebäudes mit der Natur, bezieht sich nicht zwingend auf die Verwendung von organischen Materialien und einer handwerklichen Herstellung. Vielmehr sah Wright, daß „die Maschine tatsächlich die Weiterentwicklung der alten Kunst und des Handwerks ist, daß wir letztendlich von Angesicht zu Angesicht mit der Maschine stehen - der modernen Sphinx - deren Rätsel der Künstler lösen muß, (...) - dafür ist die Natur der Schlüssel.“ [Zitat aus Geiger, 2005, 63] Die Weiterentwicklung des Handwerks zur Technik, zu der Industrialisierung und demnach auch der Verwendung industrieller Produkte ist für Wright keine Abkehr von der Natur. Sondern indem man die Grundlagen einer industriellen Produktion in der Architektur erfahrbar macht, diese Bauten in sich ausgewogen, proportional und für den Menschen in der Umwelt gestaltet, verfährt man automatisch nach Wright Grundgedanken.

Die Entwicklung eines Fertighauses kann, ja sollte demnach auch unter diesen Prinzipien erfolgen. Das Haus sollte in seiner noch unbekannte Umgebung integrierbar sein. Diese Möglichkeit der Eingliederung war Grundprinzip zahlreicher GFK-Wohnhäuser. Das Monsanto House wurde hierzu auf einen kleinen Sockel gestellt, so daß es in unterschiedlichsten Geländestrukturen aufgestellt werden könnte. Die Ausbildung einer raumgreifenden Figur mit großflächigen Öffnungen in alle Himmelsrichtungen unterstützten die angestrebte Verflechtung mit der umgebenden Landschaft. Es ist kein Haus der Schlafstädte, sondern ein Solitär innerhalb eines großzügigen Gartens.



Monsanto House [Dietz, 1957, 16]

Die Integration eines GFK-Hauses in die freie Landschaft war auch Anliegen von Jean Maneval (Bulle Six Coque [1967/09]), Matti Suuronen (Futuro [1968/05]), Angelo Casoni (Rondo [1969/09]) und Ulrich Dutler (Röhrenhaus [1969/10]). Selbst wenn diese für Siedlungen geplant waren, war doch deren lockere Anordnung und separate Nutzung zum erholsamen Aufenthalt in der Natur entscheidend.

Der europäische Verfechter einer organischen Architektur war neben Hans Scharoun (1893-1972) und Alvar Aalto (1898-1976) vor allem der deutsche Architekt Hugo Häring (1882-1958), der den Gedanken des organischen Bauens innerhalb der Architekturdiskussion der 1920er Jahre vertrat. Er wurde daher von Historikern wie Julius Posener als Vertreter des 'organischen Funktionalismus' oder auch der 'anderen Moderne' [Kuhlmann, 1998, 10] bezeichnet.

„Wir sind davon abgekommen, die Dinge in Reih und Glied, nach oben und unten, nach rechts und links, nach leicht und schwer zu ordnen; wir ordnen nunmehr die Dinge so, daß in dem neuen Ganzen, daß wir schaffen wollen, die Dinge an jenen Ort gebracht werden, wo sie lebenwirkend sich entfalten können, indem sie eine Leistung im Plan dieses neuen Ganzen erfüllen.“ [Zitat Häring in Schirren, 2001, 54]



Gut Garkau, Außen- und Innenaufnahme des Kuhstalls, um 1925, Hugo Häring

Mit den Bauten des Gutes Garkau (1922-1928) realisierte er nicht nur einen Leitbau organischer Architektur, er arbeitete in dieser Zeit auch als Theoretiker und Werber für ein 'Neues Bauen', in dem er das Haus als 'organhaftes Gebilde' definierte, 'als weitere Haut des Menschen' [Geiger, 2005, 131].

Die Pioniere des Kunststoffbaus übernahmen diese Überlegungen in ihre Suche nach der neuen Architekturform. Einer Form, die für die neue Gesellschaft und dem mobilen Leben angepaßt werden mußte. Die Freiheit der Gedanken sollte sich in einer frei geformten Behausung widerspiegeln. Die bisherigen Vorstellungen eines Hauses, mit geraden Wänden, ebenen Böden und dem rechten Winkel wurden Ende der 1960er Jahre hinterfragt:

„Der Mensch steht senkrecht zum Boden. Wenn er läuft, muß die Erde dann eben sein?! Er stolpert über Schwellen, unerwarteten Stufen, Löcher. Nicht aber wenn der Boden im gesamten uneben ist, wie in einem Moor und in den Bergen. Ist es weil wir flachen Boden in der Architektur erwarten? Einige Designer haben den Boden in seiner Struktur, seinen Eigenschaften geändert, von weich zu hart variierend, zum Beispiel das pulsierende gelbe Herz des Haus-Rücker-Co., Wien oder Arbeiten von Gernot Nalbach oder die Enviro Machine von Wolfgang Döring. Diese und andere Projekte bezeigen uns einen Weg wie wir zur Zeit leben und ihr Design deutet eine neue Annäherung an, welche relaxter, mehr stimulierend oder einfach anders ist.“ [Quarmby, 1974, 158]

Diese Architekten und Künstler forderten nicht den Umbruch aller Gewohnheiten, sondern das Hinterfragen alles Gewohnten. Denn dies zeigte ihnen, ob es nicht doch zu ändern wäre.

„Das Gefährliche an einfachen Fragen ist, daß jedes Problem, egal wie einfach es ist, wenn man es auf seine Wurzeln zurückführt, zwangsläufig Myriaden von weiteren Problemen der Welt in ihrer Gesamtheit aufwirft und der Schlußfolgerung, daß dies alles unermesslich ist. Dies war eine bekannte Krankheit, als ich Student war. Die einzige Möglichkeit war, die Fragen einzustellen oder sie in ein begrenztes Feld einzuengen, wahrnehmend nur die Masse der Probleme, welche außerhalb dieser Grenzen lungern, aber sie sich nicht aufdrängen können.“ [Quarmby, 1974, 158]

An die Stelle des selbstbewußten Entwerfers trat in Härings wichtigstem theoretischen Text, den Wegen zur Form von 1925, das 'Form-finden', das aus dem Entwerfenden einen Suchenden machte und den Entwurf als einen natürlichen Prozeß begriff, dem sich das eitle Ich unterordnete, um zu Formen zu gelangen, die pflanzengleiche Selbstverständlichkeit haben, die im wahren Sinne des Wortes 'organhaft' sind, ohne bloß äußerliche Anleihen beim Organischen zu machen [Schirren, 2001, 55].

„Die heutige Technik steht ganz den >elastischen< Konstruktionen zugewandt. Sie betrachtet den Bau als lebendigen Körper, sie bevorzugt die Materialien größter Spannungsleistungen. In ihren Konstruktionen ist sie auf dem Wege, Bauformen der organhaften Natur zu verwenden. Der Idee des statisch in sich ruhenden ist nunmehr die Idee des Lebendigen, des Werdens gefolgt.“ [Schirren, 2001, 57]

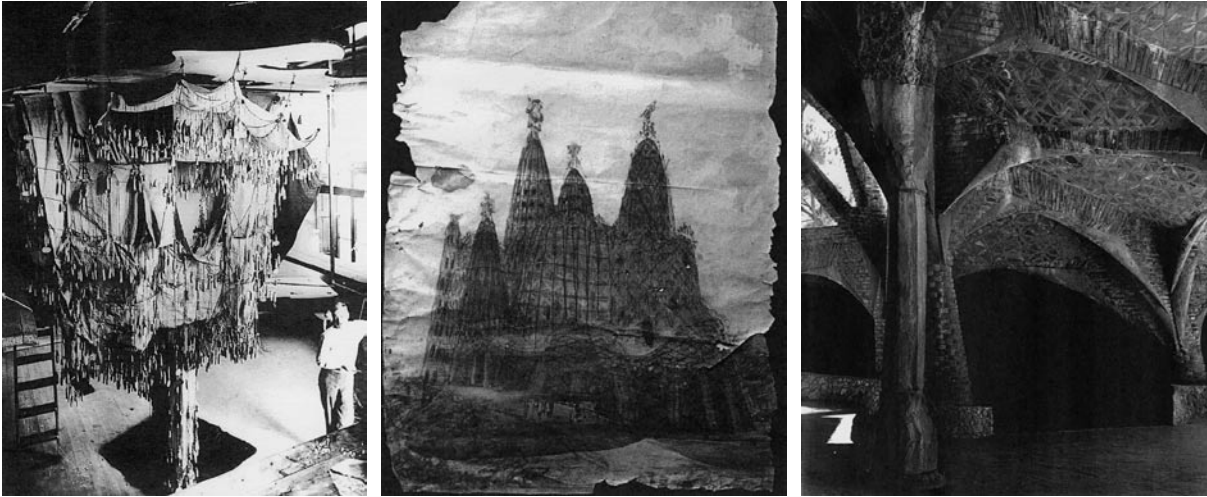
Hier bezog er sich wohl insbesondere auf den Stahlbeton, der als erster die Tragwerke vergangener Jahrhunderte hinter sich lassen konnte und die neuen, leichten Flächentragwerke realisierbar werden ließ. In diesem Sinne wirkten aber auch die glasfaserverstärkten Kunststoffe. Mit der Erfindung der Raumzellen aus GFK (siehe Kapitel 4.2 *Zweithaus/Schutzhaus/Raumzelle*) ließ sich die Architektur an die Wünsche und Vorstellungen der Bewohner anpassen. Diese Veränderungsmöglichkeiten waren eine neue Freiheit, die in der Architektur bereits als Konzept innerhalb des französischen Schneckenhauses und des Monsanto Houses festgelegt, wenn auch nicht realisiert wurden (siehe Kapitel 4.1 *Wohnhaus*).

5.1.2 Formen aus der Natur

Der Architekt Antonio Gaudí (1852-1926) war wohl der erste, der eindeutig die Prinzipien und die reinen Formen der Natur für seine organische Architektur verwendete. So entwickelte er seine Bauten aus den Prinzipien der Natur, den Baukörper der Kirche Colónia Güell leitete er zum Beispiel über ein Hängemodell ab [Tomlow, 1998]. Die gefundene und bewußt beeinflusste Struktur überarbeitete Gaudí nochmals mit Ornamenten und Materialkollagen, die seine Entwurfsaussage verstärkten. Le Corbusier war der erste, der seinen Zeitgenossen die Augen für Gaudís Genie öffnete. In dieser Bewunderung schloß sich ihm José Luis Sert

an, Schüler Le Corbusiers und Nachfolger von Walter Gropius an der Harvard Universität:

„Wir können nicht fortfahren, unsere Städte nur aus Gebäuden zu errichten, die wie Schachteln aussehen und ausschließlich vom System von Pfeilern und Trägern inspiriert sind. In der fortlaufenden Evolution der modernen Architektur ist es wahrscheinlich, daß den letzten Arbeiten Gaudís größerer Wert beigemessen wird und sie in vollem Umfang gewürdigt werden. Man wird also seine bedeutende Rolle als Pionier und Vorläufer anerkennen.“ [Zitat in Crippa, 2000, 15]



Kirche Colònia Güell, Barcelona, Hängemodell, Skizze [Van der Ree, 2001, 34], Innenraum [Limargas, 2000, 209]

Maria Antonietta Crippa verdeutlicht die umfassende Bedeutung Antonio Gaudí innerhalb der Architektur:

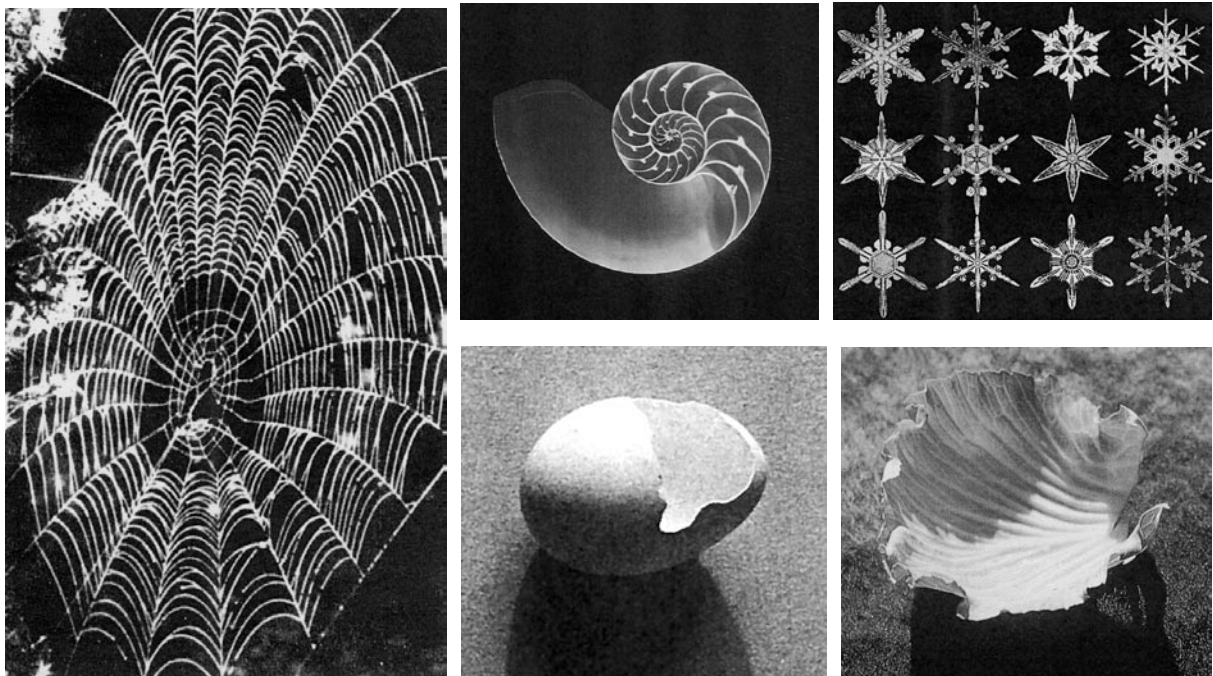
„Überschäumende Vorstellungskraft, geniale Baukunst und Erfindungsreichtum, die Fähigkeit, sich geschichtliche Formen vollständig zu Eigen zu machen und frei einzusetzen, Verschmelzung von Rationalität und Symbolismus, eine Ausdruckskraft, der es gelingt, die Architektur einer Kirche zu erweitern und sie in ein Zeugnis des Glaubens zu verwandeln: Das sind die Koordinaten einer Interpretation Gaudís, die sich ihre Offenheit bewahrt. In der schon lange währenden zeitenössischen Epoche hat die Kunst nur selten den Anspruch erhoben, einer solchen Schönheit Gestalt zu geben und damit den vollen klassischen Sinn von Form als innere Einheit des Natürlichen und Künstlerischen wieder zu gewinnen. Sie blickte nur selten auf die Natur mit dem Bemühen, ihr Organisationsprinzip auf jeder Stufe zu begreifen; und noch seltener hat sie der menschlichen Form/Gestalt, die Schöpfung ist, als Zeichen des Göttlichen Aufmerksamkeit geschenkt, als Spiel seiner Offenbarung und Verborgenheit, um auf diese Weisheit der europäischen Kunst- und Handwerkstradition zurückzugewinnen.“ [Crippa, 2000, 17]

Die bereits erwähnte Verwendung von Analogien aus der Natur beeinflusste maßgeblich das Entwerfen und Konstruieren der Architekten und Ingenieure der 1950er und 1960er Jahre. Die leichten Flächentragwerke der Schalen, Faltwerke und Schirmkonstruktionen, aber auch der Raumzellen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen basierten auf diesen Prinzipien des organischen Bauens. Die formale Übertragung von Naturformen, wie das Ei, die Muschel, die Blume oder die Blase ist in den GFK-Projekten des Wohn-Ei [1964/01], des Bulle Six Coque [1967/09] und des Les Domobiles [1971/12] erkennbar. Aber auch die Schirmkonstruktionen der amerikanischen Ausstellungsüberdachung in Moskau [1959/08], der Überdachung der Ausstellung 'Les echanges' der Schweizer Expo '64 [1964/07] und der Kanadischen Tankstelle [1969/17] zeugen davon. Hierbei kann man schwer sagen, welches Prinzip für die Gestaltung der Projekte ausschlaggebend war, da die Formen der Natur auf Konstruktionsprinzipien zurückgehen. Zum Beispiel übernahm der Architekt Jean Maneval das Prinzip der Blumenknospe in seinem Bulle Six Coque, nutzt dies jedoch nicht nur als Gleichnis der Form [Bancillon, 2003], sondern auch als Stabilitätsprinzip der sechs identischen Raumschalen. Das auf der Ei-Form basierende Wohn-Ei des Architekten Pascal Häusermann konnte hingegen nur eine

Adaption sein, da das Haus Öffnungen benötigte und zudem nicht aus einem Guß bestehen konnte. Die Unterteilungen und Störungen innerhalb der Ei-Form wirkten sich negativ auf diese ursprünglichste aller Naturformen aus, und so erinnert das Ergebnis von Häusermann auch nur im Entfernten an diese. Aber die Künstler und Architekten einer skulpturalen Architektur (nach Ragon) erkennen das Ei als perfekte Form, als Mutter-Symbol, als „Resümee seines ganzen Schaffens“ [Ragon, 1963, 85]. Häusermann plante, dieses Kunststoffhaus in eine Raumstruktur zu montieren, „um damit die Brücke von der individuellen Wohnstätte zum Raum-Urbanismus zu schlagen.“ [Ragon, 1963, 86] Gleich einer Weintraube, an der die zahlreichen einzelnen Trauben hängen, sollten die Wohn-Eier an einem Versorgungstrakt hängen. Die Natur als Grundlage des Entwurfes wurde demnach von den fortschrittlichen Architekten in eine in Zukunft erwartete neue Stadt- und Lebensstruktur einbezogen (siehe Kapitel 5.6 *Stadtstrukturen*). Das Ei als perfektes Tragwerk war auch Vorbild für andere Raumzellen, zum Beispiel für das Kunststoffkugelhaus, BRD [1960/02], das Sparoid, Belgien [1967/04], das Futuro, FIN [1968/05] und das Rondo, Schweiz [1969/09].

Michel Ragon definierte die Grundlagen dieser in den 1950/60er Jahre wiederentdeckten Strömung des Organischen in seinen gerade für französische Architekten vorbildhaften Publikationen *Wo leben wir morgen?* (1963) und *Ästhetik der zeitgenössischen Architektur* (1968):

„Das Ei, die Algen, Muscheln und Schnecken sind die neuen Lehrmeister der Architekten und Ingenieure geworden. Allen diesen Naturstrukturen ist gemeinsam, daß sie dank ihrer gekrümmten Form nur ein Minimum an Materie für ein Maximum an Stabilität benötigen. Beton und Kunststoffe vermögen mit diesen Naturstrukturen zu rivalisieren, ja sie in viel größeren Ausmaßen und mit viel größerer Widerstandsfähigkeit nachzuahmen. Auch das menschliche Skelett, die Strahlentierchen, der Wassertropfen, die Spannungen in einer Seifenblase, die Spinnweben und das Knochengewebe gehören zu den neuen Lehrmeistern der Architekten und Ingenieure.“ [Ragon, 1968, 121]



Naturformen [Margolius, 2002], [Schunck, 2002]

„Diese mathematischen Formen haben durchaus einen Bezug zum Menschen und können dazu verhelfen, die mechanischen Standardformen zu verändern, bis sie an die unzähligen Naturformen der Geologie, der Korallen, Muscheln und Früchte heranreichen, ganz zu schweigen von den Formen, welche die Mikrofotografie, die Kristallographie und sogar die Kernphysik liefern. (...) Sie würden schon ausreichen, unseren mageren architektonischen Formenvorrat über den Haufen zu werfen.“ [Ragon, 1963, 88]

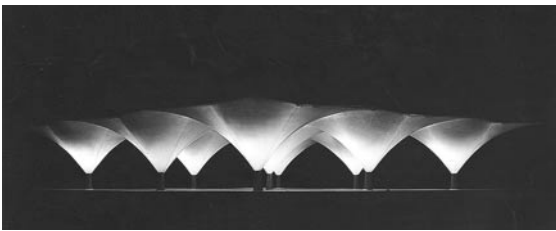
Diese naturalistische Architektur zielte aber nicht dahin, „die Natur zu imitieren, sondern selbst Natur zu sein“, wie es der Architekt Hans Luckhardt 1920 formulierte [Zitat in Ragon, 1963, 69].

Die Hinwendung zu organischen Vorbildern gründete sich aber nicht allein auf den neuentdeckten Formenreichtum der Natur, sondern vor allem auf die Ablehnung der reinen funktionalen Architektur. So beschrieb der Schweizer Architekt Max Bill (1908-1994), der als erster Rektor die Hochschule für Gestaltung in Ulm leitete, in einem Essay 'Schönheit aus Funktion und als Funktion' von 1949 die Wende im Design seiner Zeit:

„Denn für uns ist es selbstverständlich geworden, daß es sich nicht mehr darum handeln kann, die Schönheit allein aus der Funktion heraus zu entwickeln, sondern wir fordern die Schönheit als ebenbürtig der Funktion, daß sie gleichermaßen eine Funktion sei.“ [Zitat in Geiger, 2005, 65]

Hier ist die Grundsatzdiskussion über den Sinn der Architektur zwischen Ingenieuren und Architekten zu erkennen. Sie suchten nach einer Definition der Schönheit und einer daraufhin zu folgendenden Ausrichtung einer neuen Architektur und der Bauberufe.

Als beispielhaftes GFK-Projekt soll hier die Ausstellungsüberdachung von Heinz Hossdorf dienen [1964/07]. Er entwickelte diese Blütenform nicht allein aus dem für die GFK idealen Schirmprinzip heraus, sondern auch unter Beeinflussung einer kurz zuvor unternommenen Reise in die Niederlande zu seiner zukünftigen Frau, mit der er wohl durch die Tulpenfelder streifte [Genzel / Hossdorf, 2005].



Modell Ausstellungsüberdachung Expo '64, CH,

[Hossdorf, 1963]

Um und nach 1900 erweiterte sich die Sphäre der Organik um eine 'anorganisch organische' Sektion, als die zum anorganischen Bereich der Natur gehörigen kristallinen Motive immer häufiger auch als organische Motive gedeutet wurden. Also zu jenem Zeitpunkt, als die Biologie, die Entwicklungslehre und der Monismus die Grenzen zwischen Organischem und Anorganischem und darüber hinaus zwischen Pflanze, Tier und Mensch weiter verwischt hatten [Geiger, 2005, 32]. Das Bild des Kristalls ist der Rückgriff auf eine Urform, die beide Qualitäten, das Organisch-Natürliche und das Künstlich-Abstrakte in sich vereint. Dieses direkte Vorbild der gewachsenen Formen der Natur und der Kristalle leitete auch einige GFK-Projekte. Während der Pionierphase des Bauens mit GFK kann man zwar nicht von einer eigenen Strömung gleich der Kristalliker Anfang des 20. Jahrhunderts sprechen, da keine Verbindung zwischen den Entwicklern der unterschiedlichen Projekte nachgewiesen werden konnte, aber einige Architekten entdeckten die vorbildlichen Formprinzipien von kristallinen Körpern und übertrugen sie in eigene Projekte, wie zum Beispiel das Diamant, Belgien [1969/03], das Pandora, Japan [1970/11], das RW System, BRD [1970/12], das Do-Bausystem, BRD [1970/13] und das Polyeder, GB [1970/14].

Den Architekten zu Beginn des 19. Jahrhunderts war neben der reinen Form eines Kristalls vor allem dessen Lichtdurchlässigkeit wichtig. Diese, zu der Gruppe der Expressionisten zählenden Vertreter, entwickelten daraus ihre visionären Gesellschaftsutopien in Form von gläsernen Gemeinschaftsbauten oder Stadtkristallen [Kuhlmann, 1998, 81]. Bruno Taut ist der bekannteste Vertreter dieser Gruppierung.

„Seine Vorstellung mündete in einen apolitischen Sozialismus, in einer Vision von der Auflösung nationaler Grenzen oder egoistischem Besitzstreben, in eine 'natürliche' Gemeinschaft ohne trennende Klasseneinteilung. Gropius war der Auffassung, daß es die Aufgabe des Künstlers sei, die Gestalt der neuen Welt zu schaffen, um der Menschheit mit dieser Vision eine neue, moralische Lebensanschauung zu vermitteln und die Kluft zwischen Handwerker und Architekten zu überwinden.“ [Kuhlmann, 1998, 81]

Innerhalb des Glashauses auf der Ausstellung des Deutschen Werkbunds in Köln 1914 konnte man die Erwartungen zu den vermeintlich wohltuenden und heilsamen Kräften farbigen Glases überprüfen. So erwartete auch Adolf Behne: „...alle Härte, auch die versteckteste, wird die Glasarchitektur aus den Europäern tilgen – und an ihre Stelle setzen Zartheit, Schönheit und Offenheit.“ [Ragon, 1968, 73]

Glashaus von Bruno Taut,
Werkbundaussstellung in
Köln 1914
[Schirren, 2001, 51]



Mit der Entwicklung der Kunststoffe erwarteten zahlreiche Architekten und Künstler, aber auch Ingenieure, ein Fortschreiten der Entmaterialisierung der Strukturen, der zunehmenden Transparenz der Gebäude.

„Die Entwicklung von durchsichtigen Kunststoffgeweben dürfte zu diesem Eindruck des Unmateriellen noch weiter beitragen, und vielleicht werden wir Schritt für Schritt tatsächlich jene Architektur verwirklicht sehen, von der Konrad Wachsmann 1957 sprach und in der jede feste Form verschwinden wird, so daß der Mensch des Nordens gleichzeitig seinen schützenden Unterschlupf erhält und den Eindruck nicht verliert, wie der Mensch des Südens mitten in der Natur zu leben. Damit wäre die Architektur nichts weiter als eine durchsichtige Haut, eine fast unsichtbare Hülle.“ [Ragon, 1968, 74] Der Mensch des Südens ist hierbei als der Erfinder der Kultur, der Kunst und der Demokratie zu verstehen.

Der Wunsch nach einer lichtdurchfluteten Architektur ist demnach der Wunsch nach einer kultivierten Gesellschaft. Zahlreiche Projekte der ersten und zweiten Phase des Bauens mit GFK nutzten die Transluzenz des Materials entwerferisch, wie zum Beispiel die Marküberdachung in Fresnes [1961/06], die Markthalle in Epignay-sur-Seine, Frankreich [1964/08], das Oberlicht der Kirche Maria Regina, BRD [1965/08], die Schwimmbadüberdachung in Lincoln, GB [1968/17] und die Busbahnhofüberdachung in Karl-Marx-Stadt (heutiges Chemnitz), DDR [1966/09]. Ein weiteres Ausbreiten dieser transluzenten sinnlichen Strukturen wurde leider durch profane, aber grundlegende Eigenschaften des GFK, die Brennbarkeit und das Entstehen von giftigen Gasen an der freien Anwendung gehindert. Zumischungen von nichtbrennbaren Zuschlagstoffen in das Polyesterharz verschlechterten den Lichtdurchfall erheblich.

5.1.3 Prinzipien aus der Natur

Le Corbusiers Vorbilder waren die Antike und die Renaissance, von Vitruv und Pythagoras zu Leonardo und Alberti, als er in *Vers une Architecture* den Ingenieur als ‘uomo universale’ definierte: „Indem er sich von dem ökonomischen Gesetz inspirieren und von der Berechnung leiten läßt, bringt uns der Ingenieur in Übereinstimmung mit dem Universum. Er erzielt die Harmonie.“ [Geiger, 2005, 117] Die Harmonie-Metapher war bei Le Corbusier also streng an die Mathematik geknüpft. Er rezipierte die Natur aufgrund ihrer regelmäßigen, inneren Gesetzlichkeit und nicht in Hinblick auf ihre Willkür. Indem der Ingenieur ihre Gesetze befolgte, vermochte er zu einer harmonischen Architektur finden [Geiger, 2005, 117].

Die Entwicklungen der Bauingenieure leiten sich aus den inneren Prinzipien der Materialien und der Tragwerksart ab. So definiert Hilka Rogers:

„Die ‘organische Form’ eines Tragwerks entspricht (...) den gegebenen physikalischen Grundsätzen, läßt sich aus den Randbedingungen herleiten und ist somit begründbar und rekonstruierbar. Im Gegensatz hierzu ist die ‘willkürliche Form’ zu sehen, die vor allem visuell oder aus einem gewünschten Raumkonzept entsteht und keinen Bezug zur Tragwirkung der Struktur hat. (...)“

Eine logische Gestaltung der Konstruktion, die sich nach dem Kraftfluß im Tragwerk richtet, führt zu einer organischen Form in der Architektur, wie man anhand einer Vielzahl von Beispielen erkennen kann. Die Beschreibung als 'organisch' ergibt sich aus der mit dieser Gestaltung erreichten Effizienz der Struktur, wie auch Strukturen in der Natur sich durch ihre Zweckmäßigkeit und ihre Effizienz auszeichnen. Die Form ist dennoch der Natur nicht abgeschaut, sondern beruht vielmehr auf den gleichen Grundlagen wie diese, den Naturgesetzen. (...) Auch wenn diese Formgebung nicht immer einsetzbar ist, hat der Ansatz der Gestaltung nach physikalischen Anforderungen anders als die willkürliche Formgebung eine grundlegende Gültigkeit, die Willkür und Modeerscheinungen entgegengesetzt werden kann und die die Hauptfunktion der Konstruktion, das Tragen, visuell erkennbar macht." [Geiger, 2005, 165, 179-180]

Vorteil dieser Herangehensweise an das Entwerfen und Bauen ist, daß das Zusammenspiel von Material und Tragwerk seine ideale Form selbstständig herausbildet. Die Schwierigkeit liegt in der Art und Weise, wie man dieses Zusammenspiel praktisch durchführt, um letztendlich ein ideales Tragwerk zu erhalten. Heinz Isler war einer der Pioniere, die diesem Suchen nach der idealen Form durch Modelle nachgegangen ist. Wie im Kapitel 3.1 *Baumeister* erläutert, lag sein Anspruch aber nicht nur in dem Finden der idealen Form, sondern auch im Zusammenführen der Ansprüche aller Komponenten, also auch dem der Nutzung. Dies zeigt beispielsweise die aus Stahlbeton bestehende Fünfpunktschale des Gartencenters der Samenfirma Société L. Clause, zu der er auch einen Verkaufsstand aus GFK-Schalen entwickelte, der zusammengebaut die gleiche Form wie die Betonschale hat [1969/14].

Die Zusammenarbeit der Bauingenieure mit den Architekten, das beiderseitige Angleichen der Lösungsvorschläge führt zu einer bereits von Louis H. Sullivan und Frank Lloyd Wright geforderten Ganzheitlichkeit.

„Diese ist Grundlage für eine homogene Planung, die im Gegensatz zu einer additiven Planung steht, in der ein Aspekt des Entwurfs nach dem anderen bearbeitet wird, ohne die Folgen für andere Gewerke zu berücksichtigen. Die organische Konstruktion kann also durch die erforderliche Kooperation der Planer einen Beitrag zur ganzheitlichen Architektur leisten.“ [Geiger, 2005, 180]

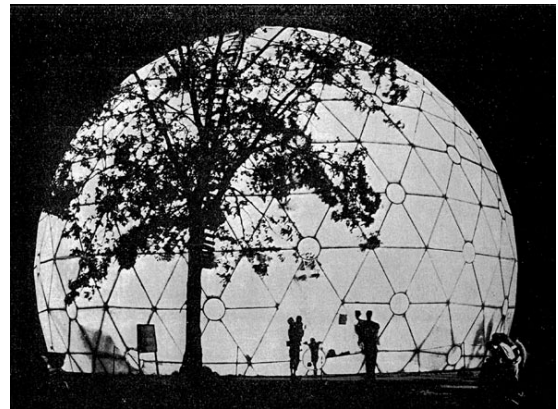
Die Beobachtung und Analyse der natürlichen Formbildung war neben Heinz Islers Natur-Spielen, welche experimenteller Bestandteil seiner Arbeit und gleichzeitig sein Hobby waren, auch Anliegen der 1961 in Deutschland gebildeten internationalen Gruppe 'Biologie und Bauen', in der sich Biologen, Architekten und Ingenieure, unter ihnen Frei Otto, gemeinsam mit jenem Verstehen des Werdens und Wachsens der belebten und unbelebten Objekte der Natur beschäftigten. Ziel war nicht das Kopieren der Natur, sondern das „Verständnis der Gesetze der Entstehung und Veränderung“ durch den Vergleich von natürlichen und gebauten Konstruktionen. Die Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse sollte zu einer ebenso wirtschaftlichen wie ästhetisch wertvollen Architektur führen. [Geiger, 2005, 167]



Heinz Isler schuf in seinem Garten phantastische Eisskulpturen über Tüchern, aus Freude am schöpferischen Spiel mit Material und Form [Schunck, 2002].

Diese Rückbesinnung auf natürliche Formprinzipien in Zusammenhang mit wirtschaftlichen Überlegungen ist aus der gesamten Architekturgeschichte bekannt. Die Bogenform römischer Aquädukte, die schlanken Strebpfeiler gotischer Kathedralen, die filigranen Eisenkonstruktionen des 19. Jahrhunderts oder auch die Eisenbeton-Skelettkonstruktionen des 20. Jahrhunderts zeigen die Bestrebung ihrer Erbauer, mit dem

Material zu haushalten. Der Glaube des Ingenieurs Pier Luigi Nervi (1891-1979), „daß das Befolgen der statischen Gesetze schon die Garantie für ästhetisches Gelingen sei“ und „daß Bauten, die den Kräften im Raum entsprechen, harmonisch und ausdrucksvoll sind“, wird in seinen Projekten vom städtischen Stadion in Florenz (1930) bis hin zur Wollspinnerei Gatti (1953) deutlich [Geiger, 2005, 169]. Weitergeführt kann dies auch zu der Ausstellungsüberdachung Heinz Hossdorfs in Lausanne [1964/07] oder dem Industriepavillon Renzo Pianos der Expo 1970 in Osaka [1970/23] gesagt werden. Erst die dünnen GFK-Häute beider Bauten schaffen das optische und konstruktiv ideale Tragwerk, einer materialsparenden und daher auf Zug beanspruchten Struktur aufgespannter Flächen. Eines der Grundprinzipien des Bauens mit glasfaserverstärkten Kunststoffen ist die sparsame Verwendung des Materials, bedingt durch den hohen Rohstoffpreis. Dies führt aber auch zu ausgesprochen spannenden Projekten, die erst durch ihre hauchdünnen Flächen ihre volle Schönheit entfalten, wie zum Beispiel die amerikanische Ausstellungsüberdachungen in Moskau [1959/08] oder die Schwimmbadüberdachung in Lincon [1968/17]. Selbst die Radome verwandeln sich erst durch einen optimalen Materialverbrauch und somit einer verbleibenden Transluzenz des Nachts zu leuchtenden Kugeln.



Amerikanischer Pavillon der Amerikanischen Ausstellung im Sokonikipark, Moskau [1959/08], [Geodätische Struktur, 1955 von Buckminster Fuller [1955/01]

5.1.4 Geometrie

Auf den ersten Blick scheint es ungewöhnlich geometrische Formen der organischen Architektur zugeordnet zu sehen. Doch stützt sich diese Einordnung auf den Ursprung der geometrischen Formen, die als abstrakte Ideen aus den Formen der Natur entwickelt wurden. Auch Le Corbusiers nutzte diesen Ansatz zu einer organischen Architektur. Er übertrug nicht die Formen oder Prinzipien der Natur in seine Bauten, sondern suchte ihre Ideen und Konzepte zu rekonstruieren und in einer entsprechenden Geometrie zu abstrahieren, die wiederum als Vorbild für die Architektur dienen konnte [Geiger, 2005, 118]. Er suchte nach den 'reinen Formen unter dem Licht', der Stereometrie des Rechteck, Kubus und Kegel, den nackten elementaren Körper der Geometrie. Nach seiner Ansicht hatte 'gute Form' stets bei diesen Archetypen der Geometrie zu beginnen, deren Schönheit wir intuitiv verstünden. Idee und sinnliche Anschauung hätten dabei ganz im Sinne Platons zusammenfallen müssen:

„Die Architektur ist die Kunst par excellence, die platonische Größe, mathematische Ordnung, Theoriefindung und Wahrnehmung von Harmonie durch ansprechende Formbeziehung erreichen. Darin liegt das Ziel von Architektur.“ [Geiger, 2005, 117]

Sein explizites Interesse an der Idealform machte ihn weitgehend unempfänglich für die Empirie von Nutzungsfragen. Nicht umsonst betonte er immer wieder, daß die wahre Architektur an den Anforderungen des Gebrauchs regelrecht ersticke [Geiger, 2005, 118]. So sah Le Corbusier die sichtbare Natur zwar als chaotisch an, aber der Geist des Architekten wisse die Idee aufgrund seiner Ordnungsvorstellungen dort herauszuschälen. Dies bedeutete für ihn, daß man sich über die mathematische Abstraktion des Organischen von der

sichtbaren Hülle zunächst lösen mußte:

„Was der Mensch erschafft, ist Schöpfung und diese steht umso mehr im Gegensatz zum Natürlichen, je mehr sie sich zum Denken hinwendet und sich vom Körper entfernt und ablöst.“ [Geiger, 2005, 117]

Dies rückte Le Corbusier wiederum näher an die Revolutionsarchitektur der Aufklärung, die die radikalste architektonische Behauptung eines Ideals entworfen hatte: daß die Natur mit Vernunft, Vernunft mit Natur identifizierte. Die Natur galt ihnen als vollkommen und unfehlbar. [Döhl, 1988, 146]

„Die Fixierung auf das Einfache, als maßgebende Eigenschaft des Natürlichen, entspricht in der Praxis des Entwerfens eine indirekte Nachbildung der Natur: die Zurückführung der gegenständlichen Naturform aufs abstrakte Prinzip, den Kubus, Pyramide, Kegel, Zylinder. Sogar die Kugel, atektonisches Motiv par excellence, als Bild der Erde und des Kosmos, also der Großformen der Natur, zugleich auch abstrahierte Quintessenz, Summe aller in der Natur vorgegebener Grundsätze des Schönen: Symmetrie, Regelmäßigkeit, Abwechslung. Sie ist anschaulicher Inbegriff des Vollkommenen in der Natur.“

[Döhl, 1988, 146]

Die Suche der Architekten in den 1960er Jahren nach der neuen Architektur, besonders derjenigen, die diese Architektur mit den neuen Werkstoffen verbanden, waren von der grundlegenden Schönheit, dem ausgewogenen Verhältnis der geometrischen Formen angetan. Hierbei waren es drei Formen, die die Gestaltung prägten: als erstes der Kreis, mit dem ihm verwandten Zylinder, Röhre, Kuppel und Scheibe, zweitens das Quadrat, welches bis hin zum Diamant Vierecke, Würfel und andere dreidimensionale geradlinige Formen mit einschließt, drittens das Dreieck, welches zusätzlich den Kegel und die Pyramide, aber auch das Hexagon und die geodätische Kuppel beinhaltet. [Jackson, 1998, 58] Daher ist es verständlich, wenn auch die Architekten der GFK-Projekte diese geometrischen Strukturen nutzten, um ein ansprechendes modernes Gebäude zu schaffen, wie zum Beispiel das Futuro [1968/05], die Villa Spies [1969/20], das Fun-Centre, GB [1968/18], das Kunststoff-Kugelhaus, BRD [1960/02], das Sphere d'isolement, Frankreich [1971/14], die Kugelpavillons, BRD [1971/18] und die Vanessa Radgrave Nursery School, GB [1973/09].

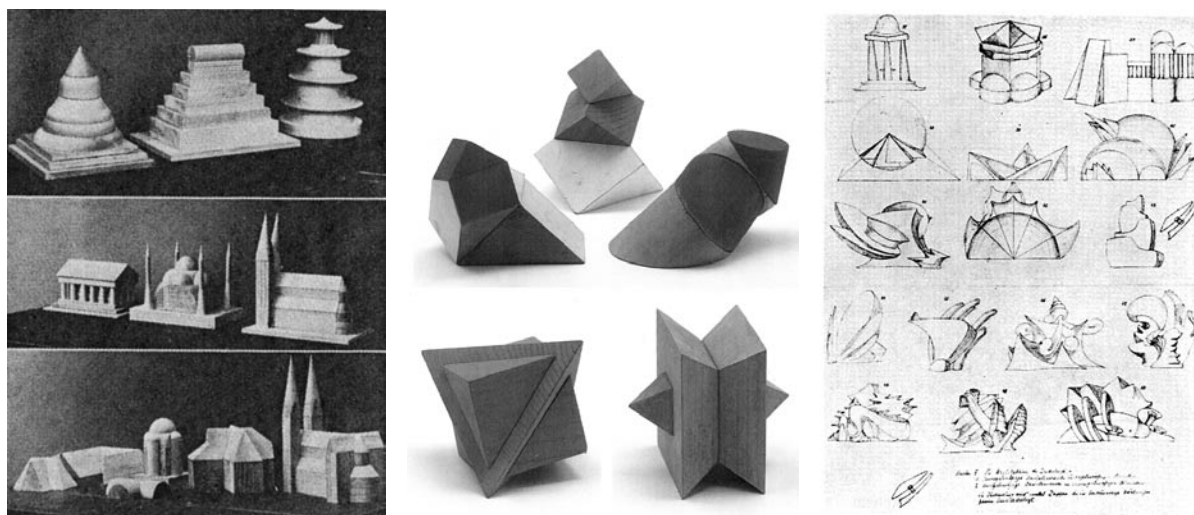
Da sich die Faszination für den Kreis, das Quadrat und das Dreieck auch in die Illustration und der Modewelt bis in die 1970er Jahre übertrug, wurde der Begriff 'the look' geprägt. „... dieser Formenschatz, obgleich es in einigen Bereichen als Ausdruck der Avantgarde begonnen haben mag, wurde sofort von einem breiteren Publikum aufgenommen und schnell zum mainstream.“ [Jackson, 1998, 58]



Villa Spies von Staffan Berglund, Schweden [1969/20]

5.2. Phantasie

In seinem 1921 entwickelten Stilspiels führte Hermann Finsterlin von den abstrakten Prinzipien der Aufklärung, die er selbst als 'Koordinatenepoche' bezeichnete, über eine Epoche der 'geometrischen oder trigonometrischen' Formen, der 'Mineralepoche', die seiner Meinung nach in dieser Zeit begann, bis hin zu einer 'Zukunftsarchitektur' der freien organischen Formen [Döhl, 1988, 71].



Stilspiel, Hermann Finsterlin, 1922 [Döhl, 1988, 71, 242, 244]

Die erste Epoche war gekennzeichnet durch geometrische Formen, die Kugel und der Würfel

„als den 'beiden Polen aller Form', der bipolaren Urform. Zwischen diesen beiden 'Ruhen' lägen als 'Form der Tätigkeit' Kegel und Pyramide, und als 'Zwischenglieder' 'Kuppel und Nadel', 'Zwiebel, Glocke und Horn'. Aus ihnen hätten sich, in Kombination untereinander, 'die großen Völkerstile bis heute entwickelt', die der Stilbaukasten in der 'reinen Form' des Kultbaus bereit stelle als Tempel, Pyramide, Pagode, Moschee, Dom.“ [Döhl, 1988, 71]

Die zweite Epoche splitterte diese 'primären Formelemente' auf und setzte sie zueinander in Beziehung 'im Reinschnitt, in Zwillingen und Gruppen'. Finsterlin stellte auch für diese Epoche das passende Spielzeug bereit in Gestalt des 'Formdomino' und des Didyms (von griech. Δίδυμος = zwiefach, doppelt; subst. Zwilling), das er auch Durchdringung nannte. Die dritte Epoche der 'Zukunftsarchitektur', die Finsterlin die 'organische' nennt und als Epoche charakterisierte, „welche auf rein intuitivem Wege eine unberechenbare organische Verschmelzung schon hybrider Formelemente erreicht, die jedoch nicht minder ausbalanciert sein können als etwa ein gotischer Dom.“ [Döhl, 1988, 72]

Es ist erstaunlich, wie stark er die sich real abwechselnden Gestaltungsströme des 20. Jahrhunderts erspürte, die sich allerdings umdrehten. Die 1950er Jahre stellten zumindest im Bereich des Designs eine Epoche der organischen freien Form dar. In der Architektur war ihr Höhepunkt in den 1960er Anfang der 1970er Jahre erreicht. In dieser Zeit waren Möbel, Geschirr, Ausstattung und Mode bereits von den geometrischen Formen beeinflusst, die, wie im vorigen Abschnitt beschrieben, von einigen Pionieren des GFK-Baus aufgenommen wurden. Die 1980er Jahre brachten zwar den Gedanken des Organischen in die Gestaltung und Architektur zurück, allerdings dies im Sinne der Materialwahl. Erst in den 1990er Jahren begannen die organischen Formen, nun als Blob-Architektur langsam wieder in das Baugeschehen einzufließen.

Hermann Finsterlin (1887-1973) war von Beruf Chemiker.

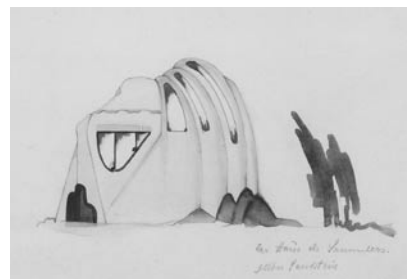
„Gerade zu der Zeit war in mir eine ganz sonderbare unerklärliche Abneigung aufgekommen gegen das Wohnen in Würfeln, gegen gerade Flächen, Ecken und Winkel und die Hausratkisten alias Möbel ... Nun begann ich Traumhäuser zu entwerfen, in denen ich in der Phantasie lebte.“ [Schneede, 1995]

Die Skizzen konnte er 1919 in der von dem 'Arbeitsrat für Kunst' unter Bruno Taut und Walter Gropius initiierten 'Ausstellung für unbekannte Architekten' in Berlin als 'Idealprojekte' präsentieren.

„Angesichts einer aus dem Lot geratenen Wirklichkeit galt diesen Architekten einzig die Utopie als angemessener Ausdruck der Sehnsüchte. Man unterschied nun zwischen Architektur und Zweckbau, zwischen, so Gropius im Flugblatt zur Ausstellung, »Traum und Wirklichkeit, zwischen Sternensehnsucht und Alltagsarbeit.«” [Schneede, 1995]

Bruno Taut regte daraufhin einen intensiven aber nur ein Jahr anhaltenden Briefwechsel zwischen einigen Teilnehmern der Ausstellung an, die sich im Verlauf als Gläserne Kette bezeichneten. Beteiligt waren daran unter anderem Hans Scharoun (1887-1972), Hermann Finsterlin (1887-1973), Bruno Taut (1880-1938) und Max Taut (1884-1967), Hans Luckhardt (1890-1954) und Wassili Luckhardt (1889-1972) und mehr am Rande verfolgte Gropius (1883-1969) das Geschehen [Boyd Whyte, 1996, 8-9].

„Was Bruno Taut »Häufung der Phantastik«, »Hineintragen einer großen Idee« nennt und Luckhardt vom Standpunkt des Architekten als das »Literarische« kritisiert, wurde damals von einem einzigen Kritiker als das eigentlich Revolutionäre begriffen, von Kurt Gerstenberg (...) Zwar schränkt auch er ein, daß »ein Geschlecht«, daß sich »in solchen Labyrinthräumen wohl fühlen könnte«, »keine Empfindungen mehr für Proportionen und statische Symmetrie« besitzen dürfe, daß die Bauten »Gleichgewichtsabweichungen« aufwiesen, die eine »technische Ausführbarkeit einfach ausschließen«. Aber er erkennt auch »ein Symptom in diesen Bauphantasien, das sie über bloße Spielereien erhebt. Es zeigen sich Ansätze zu rein gefühlsmäßigem Konzipieren, vom Untergehen des Subjektes, wodurch Unbewußtheit an Stelle der Bewußtheit gesetzt wird (...) Der bewußte Abbruch aller Beziehungen, die die Architektur mit der Leiblichkeit, mit dem Ichbewußtsein ihrer Schöpfer verbindet, gibt diesen Bauphantasien den revolutionären Charakter.«” [Döhl, 1988, 57]



Hermann Finsterlin [Schneede, 1959 Skizzenblatt architektur - das haus des sammlers (1919) Grundriß (1924)]

Finsterlin strich immer wieder in seiner in der Theorie verbliebenen Arbeit heraus, daß er kein ausgebildeter Architekt, von daher also „architektonisch völlig unbelastet“ sei, während andere Architekten, „durch übliche zeitgenössische Bauerei 'entjungfert', erst ihr Klimakterium erreichen« mußten - »wenn sie dafür prädestiniert wären, (...) etwas von der Freiheit und Reinheit zu erlangen, etwas von dem Prinzip zu begreifen und zu erleben, das meiner Zukunftsarchitektur unabänderlich zu Grunde liegt.«” [Döhl, 1988, 139] Befähigte, aber sich gleichzeitig durch ihre Ausbildung behindernde Architekten waren für ihn Antonio Gaudí und Le Corbusier.

Finsterlins künstlerisches Werk war nach dem Krieg erst durch die 2. Documenta (1959) allgemein bekannt geworden. Dies war die Wiederentdeckung und der endgültige Einzug des utopischen Architekten Finsterlin in die Architekturgeschichte. So engagiert er aber um seine Position in der Architektur- und Kunstgeschichte stritt, ging es ihm um den endgültigen Nachweis der Zeitlosigkeit seiner utopisch gedachten Kunst, deren Geschichtlichkeit er nicht einsehen wollte und konnte [Döhl, 1988, 137]. Was er in den 1920er Jahren revolutionär geträumt hatte, das bauten jetzt andere Architekten, wie zum Beispiel Eero Saarinen den Kennedy Airport (1961).

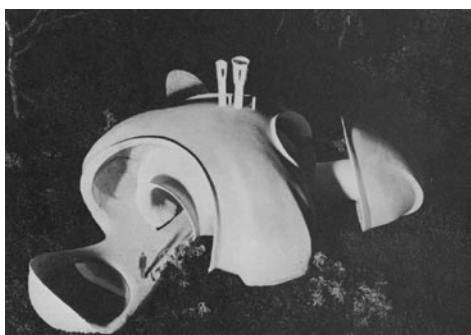
TWA Terminal, Kennedy Airport, New York
 Eero Saarinen 1962 [Ferguson, 1999, 74]



Hermann Finsterlins Ansätze wurden zu Vorbildern einer sich gegen den Funktionalismus befreienden jungen Künstler- und Architektengeneration der 1960er Jahre. Er, der die Horizontalebene der Böden und Decken in Frage stellt, ebenso die Mauern, zugunsten einer 'taktilen Architektur':

„Sagt mir“, fragt er, „ob Euch nie das gewalttätige Schema Eurer sechs Wände irritierte ...?“ Der Fuß „wird wandeln auf glasig durchsichtigen Böden, die das antipode Basrelief voll empfinden lassen, die notwendige, aber furchtbare Horizontale ins Illusionäre schiebend ... der nackte Fuß wird Bodenskulpturen umschmeicheln bei jedem Schritt, den stiefmütterlichen Tastsinn neu beleben (...)“ [Ragon, 1963, 76-77]

Die freien Formen und phantastischen Gebilde Finsterlins und seiner Nachfolger waren aber selbst mit glasfaserverstärkten Kunststoffen nur bedingt realisierbar. Aber es gab einige Architekten, die bewußt aber wohl auch unbewußt, solch freiempfundene Gebilde bauten. Eines der ältesten Beispiele ist das Transformatorienhaus aus Frankreich [1957/05], für welches der Architekt und Bildhauer Piotr Kowalski die Schalenelemente über einer Gummi-Schalung herstellen ließ, so daß sich aufgrund des Eigengewichtes des GFK jedes Bauteil während des Handlaminierens anders ausformte. Das Kunststoffhaus Ensculptic, USA [1969/02] ist Beispiel für die ganz im Sinne Finsterlins in den 1950/60er Jahren arbeitenden Architekten und Künstler vor allem der USA, die dem Selbstbau, der spontanen Formgebung den Vorzug gaben [Quarmby, 1974, 148]. John M. Johansen (*1916) ist der wohl bekannteste Vertreter einer solchen biomorphen Architektur aus Spritzbeton und laut Arthur Quarmby Vorbild für die französischen Architekten Jean-Lois Chaneac (1931-1993) [1964/02], Pascal und Claude Häusermann [1964/01] und Jean Maneval (1923-1986) [1966/01; 1967/09] [Quarmby, 1974, 148].



Modell von J. Johansen, 1959



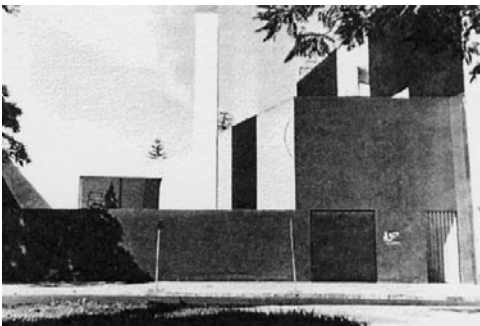
Ensculptic III, 1969

[Quarmby, 1974, 147, 146]

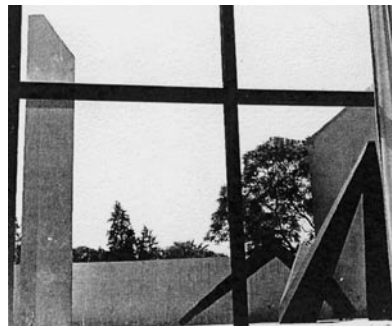
Viele Architekten, zum Beispiel Arthur Quarmby, Rudolf Doernach und Peter Hübner hatten eher einen latenten Hang zur direkten Herstellung als zum Entwerfen auf dem Papier. Einige haben die Kunststoffe genutzt, um dies schlußendlich zu praktizieren. Es entstanden höhlenartige Formen, welche mittels der Spray- oder Sprühtechnik über einem dünnen Gitter umgesetzt wurden, welches während der Herstellung verändert werden konnte [Quarmby, 1974, 146]. Quarmby bezeichnete diese architektonisch-künstlerische

Bewegung als Zurück-zur-Natur Bewegung, in welcher sie die Maschine ablehnten und mehr zur Klasse der do-it-yourself Skulptur als zur Architektur gehörten. Diese Projekte dienten der Entfaltung des Einfallsreichtums ohne an die Einschnürung durch Kosten und Konstruktion denken zu müssen [Quarmby, 1974, 146]. Ein Beispiel dieser Selbstbau-Systeme innerhalb der GFK-Bauten ist das Ensclupitic III von W.E. Wedin, USA [1969/02]. An einem zentralen Mast wurden Nylon-Stricke angebracht, die eine Stoffhülle unterstützten, welche die Form des entstehenden Hauses bildete. Diese wurde mit 3 Inch (6,45 cm) PUR-Schaum und darüber mit GFK als mittragende und schützende Oberfläche ¼ Inch (0,63 cm) besprüht [Quarmby, 1974, 146]. Berühmtestes Beispiel einer skulpturalen Architektur war das Experimentier-Museums 'El Eco' in Mexiko des deutsch-mexikanischen Künstlers Mathias Goeritz (1915-1990) [Ragon, 1968, 77]. Dank eines Mäzens, welcher ihm acht Ingenieure und vierzig Arbeiter zur Verfügung stellte, konnte er eine halbabstrakte Skulptur aus seiner 1952 stattgefundenen Ausstellung in Mexiko ohne vorherige Planung als Architektur realisieren. Goeritz „änderte die Orientierung seiner Konstruktion, wandelte sie ab während des Baues, als ob es sich um eine Skulptur handelte, so tragen wichtige Mauern nichts.“ [Ragon, 1968, 77].

„Zunächst war bestimmt worden, daß das Bauwerk ein experimentelles Museum werden sollte, was es dann auch anfangs war, später jedoch diente es als Schule, Restaurant, Kabarett und endlich als Universitätstheater. Diese sehr unterschiedlichen Verwendungsarten seines Baus mißfielen Mathias Goeritz keineswegs, sie entzückten ihn vielmehr höchlichst, weil sie ihm bewiesen, daß ein Gebäude nicht notwendigerweise für einen ganz bestimmten Zweck entworfen werden muß, sondern eine skulpturelle Hülle sein kann, in der unzählig viele Rollen spielbar sind.“ [Ragon, 1968, 94]



Experimentier-Museum 'El Eco' in Mexiko von Mathias Goeritz, 1952



[Akademie, 1992, 237, 238, 237]

5.3 Stadtstrukturen

Gleichfalls bedeutend auf die Formfindung der GFK-Bauten war die kreative Umsetzung der Vorfertigung als Entwurfsgedanke der modularen, reihbaren Strukturen oder der Faltragwerke bis hin zur Entwicklung der mobilen Bauten als Zweithäuser und Raumzellen der Städte der Zukunft. Die GFK-Pioniere konnten und wollten sich nicht den neuen Ideen der Metabolisten und Archigramms verschließen. Die Beispielprojekte Rondo [1969/09] und Futuro [1968/05] wurden jedoch erst infolge der futuristischen Architekturdiskussion Ende der 1960er und Beginn der 1970er Jahre in Siedlungen und Stadtakkumulationen der utopischen Städte gezeichnet. Es gelang einzig Kisho Kurokawa, einem Mitglied der Metabolisten, diesen neuen Typus der Architektur mit GFK-Raumzellen zu verwirklichen. Auf der Expo '70 in Osaka, Japan konnten insgesamt zwei Variationen solcher Stadtstrukturen als Ausstellungspavillons realisiert werden, der Takara Pavillon [1970/21] und das Habitat-Capsule [1970/22]. Nach Aussagen von Kisho Kurokawa war die Realisierung von GFK-Zellen in anderen Projekten aufgrund der erhöhten Brandschutzsicherheit nicht durchführbar [Kurokawa, 02.05.2005]. Kurokawas Nakagin-Capsule Tower, Osaka (1972) wurde daher aus Stahlblechzellen gebaut [Guiheux, 1997, 50].

Diese neuen Baustrukturen bestanden aus einem Primär- und einem Sekundärsystem. Die Primärkonstruk-

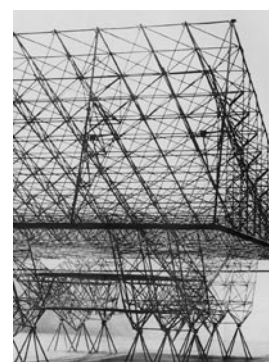
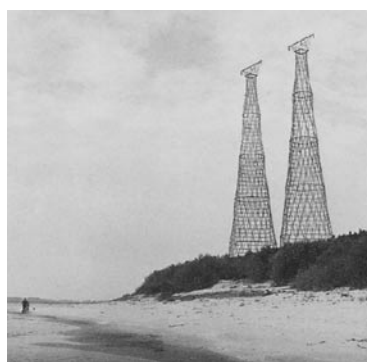
tion war die Tragstruktur, die Sekundärkonstruktion der sich in ihr befindliche Ausbau. Die Konstruktionen konnten vielgeschossige Gerippe aus Stahl oder Stahlbeton, zentrale Kerne mit angehängten Decken oder Hängestrukturen an hohen Masten sein. Diese Tragwerksstrukturen waren die der russischen Revolutionsarchitektur, die kubofuturistischen und expressionistischen Entwürfe von Iszelenow und Dombrowski [Kotz, 1996, 229] aber auch die filigranen Gitterstabkonstruktion von Šuchov, UdSSR [Nerdinger, 2002, 72].

Mit dem ersten konstruktivistischen Projekt von Tatlin, dem turmartigen Denkmal für die Dritte Internationale 1920, war der Ingenieurbau des 19. Jahrhunderts wieder aufgelebt und mit ihm das Paradigma der Technik, des technischen Fortschritts, der Ästhetik des Konstruktivismus, der Maschinenkunst [Kotz, 1996, 229].

Tatlin-Turm, Modell 1919
[Nerdinger, 2002, 71]

Stromleitungsmasten bei
Oka, Šuchov 1927-1930
[Nerdinger, 2002, 74]

Wachsmann Strukturmodell
[Klotz, 1986, 255]

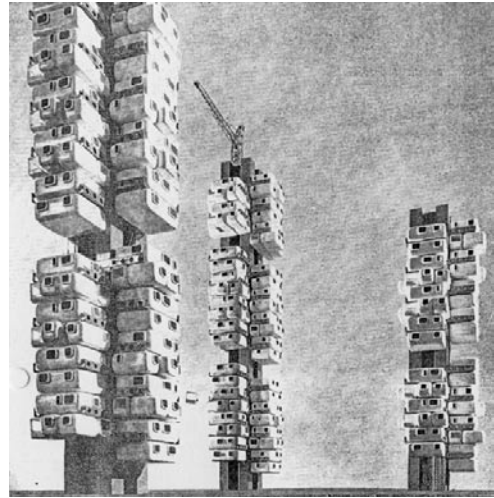
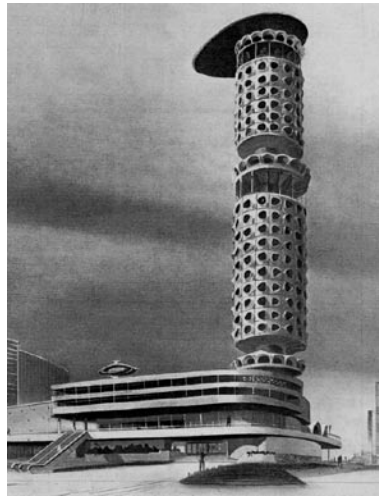


Die Tetraederkonstruktionssysteme von Alexander Norman Bell, USA eröffneten bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts das weite Feld des elementierten Bauens, die Möglichkeit der industrialisierten Massenproduktion voll nutzenden Systembaus. Konrad Wachsmann sprach von einem 'Wendepunkt im Bauen', der schon mit diesen ersten Versuchen Bells erreicht war [Klotz, 1996, 238]. Der deutsche Ingenieur Mengeringhausen, dessen 'Mero-System' bis heute weltweit in Gebrauch ist, entwickelte vielfältige Systeme von Raumstrukturen, mit denen großflächige Dächer aus einem Stabgerüst von einzelnen Standardelementen entwickelt und gebaut werden könnten. Die in den Jahren 1944 bis 1945 von Konrad Wachsmann für die Atlas Air Craft Corporation erarbeitete 'Mobilar Structure' knüpfte an die Arbeiten von Bell und Mengeringhausen an und bewies die realistische Durchführbarkeit ausgedehnter Dachkonstruktionen [Klotz, 1996, 238]. Der italienische Architekt Manfredo Nicoletti bezeichnet diese ingenieurtechnischen Systeme als technische Utopie [Nicoletti, 1966, 90], die als entwickelte technologische Träume eine große Chance hatten, in die Realität übersetzt zu werden. Dies traf zwar ein, allerdings nicht in dem Umfang und zumeist nicht mit dem architektonischen Anspruch, wie es die Pioniere erwartete hatten.

Die Ausfüllung durch leichte Raumzellen aus Kunststoff, welche bis zu 95 % Gewichtseinsparung gegenüber konventionellen Baustoffen brachte, wurde als wirtschaftlichste Form des Ausbaus angesehen [Dornach, 1974]. Besonderes Augenmerk mußte man laut Dietz aber auf das Tragwerk der GFK-Raumzellen legen, da diese genügend fest, steif und starr sein mußten, um nicht nur den zu erwartenden Belastungen am Bauwerk, sondern auch den unvermeidlichen Beanspruchungen beim Transport und beim Versetzen gewachsen zu sein [Dietz, 1967].

Diese neue Gebäudestruktur wurde vor allem aufgrund ihrer flexiblen Aufteilung propagiert.

„Der jeweilige Bauzustand ist jederzeit korrigierbar und wandlungsfähig. Durch späteres Anfügen oder Entfernen einzelner Grundeinheiten läßt sich die Wohnung den wechselnden Wohnansprüchen anpassen. Durch den technischen Fortschritt veraltete Bauteile (z.B. Installations-Zentren) lassen sich auswechseln. Die Raumfolge läßt sich nachträglich jederzeit durch Umstellen der Einheiten verändern. Dieses Prinzip der Mobilität läßt sich nicht nur im internen Wohnbereich, sondern auch überregional verwerten. Sind die Raumzellen in Leichtbauweise gefertigt, läßt sich der Transport über große Entfernungen ohne Schwierigkeiten bewerkstelligen.“ [Polónyi, 1969]



Guy Dessauges [Gerster 1996]; De Vries [1966/05]; Thalhammer, Pigall, Hübel, Ruczka, Wien [Weber, 1970]

Der Traum vom mobilen Leben übersetzte sich in diesen Stadtstrukturen als private Raumzellen, die je nach Wunsch ausgetauscht und beim Umzug mitgenommen werden konnten. Dem Wunsch nach Individualität trug jedoch nicht ein einziger Entwurf Rechnung, denn immer waren es identische oder leicht variierende Raumzellen, die an einer Primärkonstruktion hingen, wie zum Beispiel die dargestellten Röhrenhäuser entsprechend des Exemplares des Architekten Dutler [1969/10], das Futurotel [1966/05] oder des Hochhauses von Thalhammer, Pigall, Hübel, Ruczka, Wien [Weber, 1970].

Den Pionieren der 1960/70er Jahre war bewußt, daß das großflächige Bauen mit Raumzellen trotz aller Vorzüge nur selten in nächster Zeit realisiert werden könnte, da es ein Umdenken aller Beteiligten erforderte, eine grundsätzliche Abkehr von überlieferten Gepflogenheiten und Wohngebilden. Das dies selten in kurzer Zeit zu erreichen ist, basierte laut Stefan Polónyi auf dem 'menschlichen Beharrungsvermögen'. Daher sollten zunächst nicht die Fernziele angesteuert werden, die Stadtbausysteme, sondern einfache Anwendungen wie beispielsweise Feriensiedlungen erprobt werden, um Erkenntnisse für eine stoffliche und konstruktive Optimierung zu sammeln [Polónyi, 1969]. Das Büro Casoni & Casoni veröffentlichte entsprechende Vorschläge unter Verwendung der von ihnen entwickelten und als Prototypen realisierten GFK-Zelle Rondo [1969/09]. Die Anordnung von GFK-Raumzellen für Siedlungen ist aber allein in den USA als Motel-Einheiten von der Holiday Inn of America Corp. [1964/03] in Serie produziert worden. In Europa ist anlässlich der Weltausstellung in Montreal 1967 das Habitat von den Architekten Safdie und David mit Stahlbeton-Raumzellen realisiert worden. In diese wurden auch 282 GFK-Sanitär-Raumzellen (1,80 x 3,0 m) [Schwabe, 1968, 871] eingebaut.



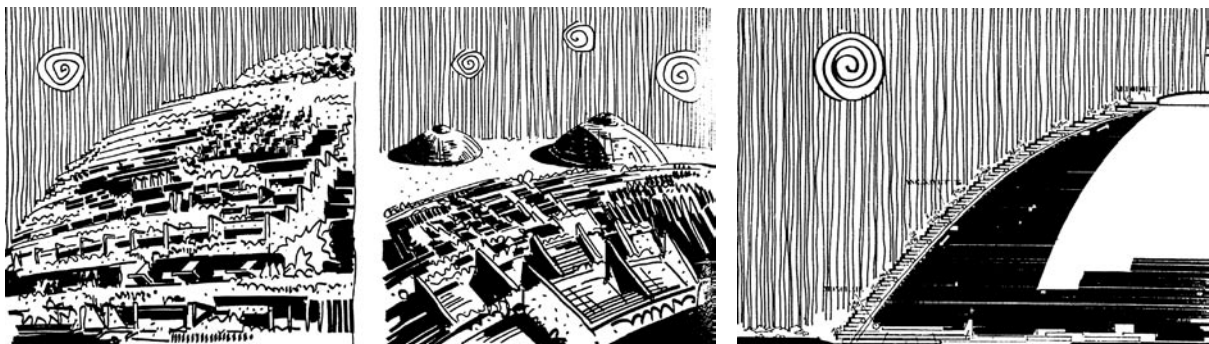
Nakagin Capsule Tower, Osaka 1972 [Galfetti, 1997]
Habitat, Montreal 1967 [Jackson, 1998, 134]

An beiden Siedlungen erkennt man die von Polónyi aufgezeigten unerwünschten Merkmale: Die 'Schachteln zum Wohnen' lassen wenig Raum für Individualismus. Aufgrund der industriellen Fertigung in Massenproduktion ist es nötig, sich auf wenige Grundtypen zu begrenzen. Die Zimmergrößen sind weitgehend von den Raumzellenabmessungen abhängig, welche aufgrund der Herstellung und des Transportes stark beschränkt sind [Polónyi, 1969].

Aber letztendlich war nicht nur die geringe Raumabmessung, insbesondere die niedrige Zimmerdecke, für die Ablehnung solcher Konstruktionen verantwortlich, sondern auch, daß ein solch mobiles Wohnen und der daher notwendigen Bereitstellung mobiler Zellen bis heute eine soziale Utopie geblieben ist. Eine soziale Utopie, die vor allem durch die Metabolisten und Archigram entwickelt worden war:

„Die Gesellschaft ist mobil, ohne materiellen Eigentum, keinem Geldkreislauf, keines festen Wohnsitzes, ein kontinuierliches zigeunerartiges 'swinging around'. (...) Die mobilen Bewohner haben dann mobile Städte, mobile Wohnungen, die Technik macht es möglich und der Mensch lebt in einer Umwelt die ihm angepaßt werden kann.“ [Nicoletti, 1966, 91]

Beispielsweise die von Paul Maymont entwickelten schwimmenden Inseln in dem Plan von Tokyo, die hätten verbunden, gelöst und umgesetzt werden können wie man es gerade braucht, oder die Plug-In-City von Peter Cook, Warren Chalk und Dennis Crompton. Die Stadtphantasien von Yona Friedmann und Schulze-Fielitz, aber auch die von Justus Dahinden entwickelte Radio City waren sozial gleichberechtigte Stadtformen. Die Radio City bestand aus paraboloiden Hügeln, die neben den Wohnungen auch Einrichtungen des öffentlichen Bedarfs, Gewerbe- und Kleinindustrie aufnahmen [Dahinden, 1969].



Justus Dahinden Radio City [Dahinden, 1969]

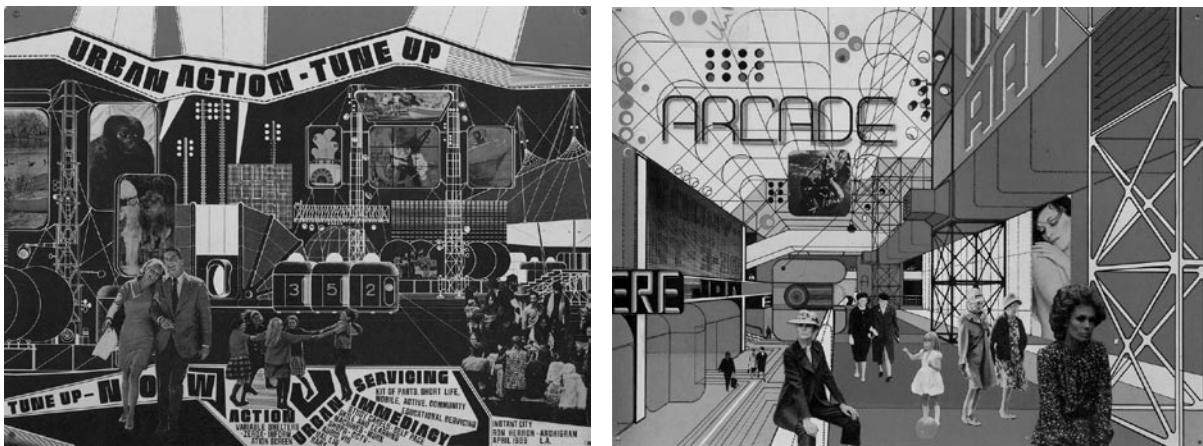
Antrieb für die Entwicklung neuer Städte war nicht die Faszination den Raumstrukturen gegenüber, sondern die Architekten wollten durch die Entwicklung von Zukunftsstrategien für die gebaute Zukunft auf die zukünftige Gesellschaft einzuwirken.

„Träumereien über die Zukunft. Noble Träumereien. Wir finden den Tenor der Utopisten des vergangenen Jahrhunderts wieder, wenn wir die 'Definition des urbanistischen Konzepts der Zukunft' von Ionel Schein lesen: »Die Energie wird sauber und wirtschaftlich sein. Die Menschen werden länger und besser leben. Die Transportmittel werden miniaturisiert. Entfernungen werden in Stunden angegeben und nicht mehr in Kilometern berechnet. Der Weltraum wird erforscht und bewohnt sein. Die Arbeitszeit wird weiter verringert. Die Freizeit nimmt entsprechend zu. Das kulturelle Niveau hebt sich. Der Konsum an allen Verbrauchsgütern wächst. Der Lebensstandart steigt. Die Zahl der menschlichen Wesen wird immer größer ... Die materialistische Weltanschauung wird folgende Ergebnisse zeitigen: Erneuerung der Moral, das Verschwinden der Religionen, die Wiederentdeckung der Dimensionen, Bedeutungsverlust der Zeit, die Entdeckung des unendlich Kleinen, die Verehrung des Universums, die Verwandlung der Orte des Lebens, der Liebe und des Todes.«“ [Ragon, 1963, 63]

Die Faszination dieser utopischen, konstruktiven Stadtszenarien verdeutlicht ein Ausschnitt aus der Bewertung Archigramms durch Heinrich Klotz:

„Die englische Gruppe Archigram faßt synkretisch alle diese konstruktiven Neuerungen zusammen und erdichtet eine Welt der Röhren, Kapseln und Gerüste. Die technoid-konstruktive Welt der Moderne wird zu einem poetischen Gleichnis, ja, zu einem Mythos. Nicht die Durchsetzung eines konstruktiven Gedankens fasziniert Archigram, sondern die Erschaffung einer nie gesehenen Umwelt aus dem Geiste der Konstruktion und der Technologie, der Weltraumfahrt und der Utopien. Der Mensch wird zum reinsten Optimisten und baut seine Häuser als Kapsel in einem Marina-City-Turm, umgibt sich mit Wachsmann- und Buckminster-Fuller-Strukturen, lädt zusätzlich seine Umwelt auf mit Farbenspektren der Pop-art und bevölkert lächelnd und zukunftsgläubig diese schöne neue Welt.

In diesen Phantasiebildern ist eine Moderne beschworen, die mit einem Optimismus ohnegleichen all das zusammenfaßt, was seit Leonidow und Tatlin, seit Buckminster Fuller und Wachsmann als Gleichnis des neuen Lebens und als reale Erforschung neuer Bautechnologien je gedacht worden ist.“ [Klotz, 1996, 248]



Archigram Collagen: urbane Aktions- und Kommunikationsräume, Galerieprojekt für Bornemouth, GB 1968

[Klotz, 1986]

5.4 Industrielles Bauen

Bereits in den 1920er Jahren kam bei Architekten und Ingenieuren der Wunsch auf, auch das Bauen „als Veredlung der gewerblichen Arbeit in Zusammenwirken von Kunst, Industrie und Handwerk“ zu industrialisieren [Zitat in Haupt, 1998]. Dies bedeutete, nicht mehr nur Einzelelemente wie Backstein seriell herzustellen, sondern auch das Gebäude als solches in einen industriellen Fertigungsprozeß zu integrieren. Le Corbusier war sich bereits 1920 über die weitreichenden Veränderungen innerhalb der Gesellschaft bewußt, die das industrialisierte Bauen mit sich bringen würde:

„Es gilt, die geistigen Voraussetzungen für den Serienbau zu schaffen.

Die geistige Voraussetzung für die Herstellung von Häusern in Serienbau.

Die geistige Voraussetzung für das Bewohnen von Serienhäusern.

Die geistige Voraussetzung für den Entwurf von Serienhäusern.

(...) Das beständige Material muß an die Stelle des natürlichen, unbegrenzt veränderlichen Materials treten.

(...) Das Haus wird nicht mehr dies schwerfällige Ding sein, das den Jahrhunderten trotzen will und das nur als Protzprojekt zum Prahlern mit dem Reichtum fungiert: es wird ein Werkzeug sein, genauso, wie das Auto ein Werkzeug geworden ist. Es wird kein archaisches Wesen mehr sein, das mit tiefen Fundamenten im Boden verwurzelt ist, 'Massiv' und mit einer Pietät gebaut, auf die sich seit so langer Zeit der Kult der

Familie, der Kult der Rasse usw. stützt.” [Zitat in Licata, 2005, 40]

Michel Ragon, ein französischer Theoretiker und Architekt, blickte in den 1960er Jahren voller Optimismus in die Zukunft, in der sich die Gesellschaft von den tradierten Architekturvorstellungen lösen werde.

„Doch Menschen, die als Städter geboren werden, die das Licht der Welt in Großsiedlungen erblicken, die ihre Kindheit im Schatten von Hochhäusern verbringen, ihre erste Liebe in Freizeitstädten erfahren, deren Jugendzeit von Flugplätzen und Parkplätzen gleichsam eingerahmt ist, von Fabriken und Sportplätzen, von nagelneuen Jugendhäusern und Universitäten, die aus Stahl und Glas in der freien Natur errichtet sind, die ihre Ferien in neuen, mit allem Komfort ausgestatteten Klubhäusern und in Badeanstalten verbringen, die so weiß sind wie die weißen Kathedralen, von denen Le Corbusier träumte, die zu arbeiten gelernt haben in Wolkenkratzern, die durchscheinend sind wie Papierlaternen, oder in Fabriken, die an Sauberkeit Laboratorien nicht nachstehen – alle diese Menschen werden die Welt nicht mehr sehen, wie wir sie sehen. Und auch von Schönheit eine ganz andere Vorstellung haben.” [Ragon, 1968, 6]

Doch zunächst mußten solch neue Bauten, die lichtdurchflutet und luftdurchströmt und industriell nach dem Ford-Prinzip hergestellt werden sollten, entwickelt werden. Ein erster Schritt war die Normierung der Grundrisse und der Bauteile [Haupt, 1998]. Die Frage, wie ein solch modernes Haus auszusehen hat, wurde innerhalb von Wettbewerben untersucht. Als Beispiel sei der 1932 von einer Arbeitsgruppe mit ‘Der Ring’ (siehe Abschnitt *Einheit von Gebäuden und Natur*) organisierte Wettbewerb ‘Das wachsende Haus’ genannt. Anlässlich der Berliner Sommerschau, die 1932 unter dem Motto ‘Sonne, Luft und Haus für alle’ veranstaltet wurde, wurden die 24 besten Arbeiten als Musterhäuser vorgestellt [Ludwig, 1998, 37]. Das vorgefertigte Haus sollte vor allem leicht und flexibel sein. Dies entsprach dem Gegensatz der innerhalb der Weimarer Republik realisierten ‘schweren Vorfertigung’ mit Schüttdeton und Betonelementen im Siedlungsbau. Eine ‘leichte Vorfertigung’ mit Holz und teilweise Stahl wurde für die Serienfertigung einer industriellen Herstellung favorisiert. Das vorgefertigte Holzhaus erlebte einen regelrechten Boom, beruhend auf den verbesserten Verbindungsmitteln und dem aufkommenden Ingenieur-Holzbau [Ludwig, 1998].

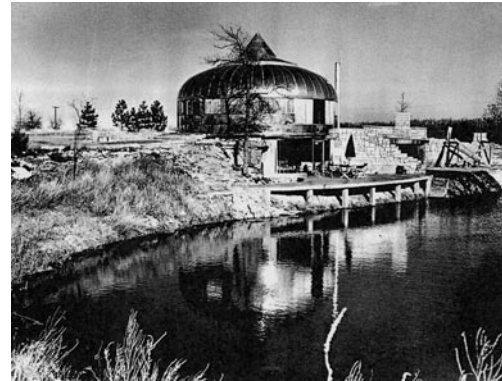
Als europäische Fachleute und Architekten in den 1930er Jahren in die USA emigrierten, verbreitete sich auch dort der Gedanke und die Fertigkeiten des Industriellen Bauens. Unterstützt beispielsweise durch das Case-Study-House-Programm von 1945, gelangten dort Fertighäuser mit modernem Ausdruck in Holz- beziehungsweise Stahl-Bauweise zu großer Beliebtheit. Konrad Wachsmann 1947:

„Wenn wir ein zeitgenössisches Haus auf die Modernität seiner Bauweise hin untersuchen wollen, können wir folgendes tun: Wir nehmen zweimal 2 Fuß dieses Hauses und vergleichen es mit einem entsprechenden Ausschnitt aus einem Haus konventioneller Konstruktion. Ohne etwas über den Entwurf der zwei Häuser zu wissen, würden wir sehr schnell sehen, welches von beiden das modernere ist. Es ist das moderne Haus, das uns durch seine Materialien, seine Präzision und die Art der Bearbeitung zeigt, daß zu einem Bau die Werkzeuge und Methoden unserer Zeit verwendet wurden. Wenn es auf herkömmliche Weise gebaut ist, ist es kein modernes Haus, unabhängig davon, wie es aussieht. Es mag seine Haut verändern, aber der Körper ist noch der gleiche.“ [Ludwig, 1998, 51]

1924 erkannte Mies van der Rohe, daß es für dieses Neue Bauen Notwendig sei „... ein Baumaterial zu finden, das sich technisch herstellen und industriell verarbeiten läßt, das fest, wetterbeständig, schall- und wärmesicher ist. Es wird ein Leichtmaterial sein müssen, (...) die Arbeit auf der Baustelle wird dann ausschließlich einen Montagecharakter tragen (...) das wird eine bedeutende Verbilligung der Baukosten zur Folge haben ...” [Licata, 2005, 40]

Für das Neue Bauen, einem Industriellen Bauen, waren also nach Ansicht der führenden Architekten unbedingt auch die modernsten Materialien notwendig. Erst dann konnten sie die neue Architektur in ihrer Gesamtheit als neu und modern akzeptieren. Auch Architekten und Ingenieure der USA, beispielsweise Buckminster Fuller interessierten sich für neue Materialien und suchte nach einem Hauskonzept für ein modernes, also mobiles und leichtes Haus, eines, das aus modernsten Materialien und Techniken bestand. Fuller realisierte 1946 das Wichita-Haus [Krausse, 1999]. Die zum Bau verwendeten Materialien waren Stahl,

Aluminium und Plexiglas, alles Stoffe, die nach damaligem aktuellem Forschungsstand ein Minimum an Masse aufbrachten. Durch das minimierte Gewicht, die Kompaktheit, konnte das Gebäude in einem erstaunlich kleinen Transportzylinder verstaut werden, und durch die minimale Grundberührung des Hauses ergab sich eine hervorragende Transportabilität des Gebäudes [Ludwig, 1998, 112].



Dymaxion House, Prototyp in Wichita, Kansas um 1946

Buckminster Fuller

[Ferguson, 1999, 64]

Nach dem Zweiten Weltkrieg waren alle Industriestaaten in einer ähnlichen Situation: Die Rüstungsindustrien waren ohne Aufgabe, hatten aber perfektionierte Produktionsstätten und entsprechendes Know-How zur Herstellung technischer Produkte. Deutschland, Frankreich, England und auch Amerika suchten nach Möglichkeiten, ihre Industrien auszulasten und die vor allem in Europa herrschende Wohnungsnot zu beseitigen. „So entstanden in der Besatzungsphase der Nachkriegszeit zahlreiche industrielle Montagebauprojekte der ehemaligen Rüstungsindustrie, die allerdings architektonisch nicht am modernen Bauen der zwanziger Jahre orientiert war, sondern traditionelle Bauformen mit modernen industriellen Mitteln favorisierte.“ [Ludwig, 1998, 63]

Die schnelle Herstellung der nach dem Zweiten Weltkrieg benötigten Wohneinheiten war nur mit industrialisierten Techniken möglich, eine handwerkliche Fertigung wäre bei weitem nicht leistungsfähig genug gewesen. Eine Studie berichtete: „Wenn man davon ausgeht, daß in der Zeit zwischen den Weltkriegen jährlich 220.000 Wohneinheiten erstellt wurden und wir heute das gleiche im Bundesgebiet erreichen, dann würden etwa 18-20 Jahre vergehen bis zur Erbauung aller fehlenden Wohnungen.“ [Ludwig, 1998, 136]. Aber nicht nur die fehlende Zeit war ein Problem für das Bauwesen, sondern ab Ende der 1950er Jahre auch die steigenden Kosten im Bau.

„Die Situation wird durch akuten Arbeitskräftemangel und steigende Löhne weiter verschärft. In der Deutschen Bundesrepublik stiegen die Arbeitslöhne von 1950 bis 1961 um etwa 90 % an, während sich im gleichen Zeitraum die Preise für Baumaterialien um 45 % erhöhten. Es erscheint daher vordringlich, Baumethoden zu entwickeln, die weniger Arbeitslohn und weniger qualifizierte Arbeitskräfte erfordern und die weitgehend saisonunabhängig sind.“ [Gabriel, 1963]

Es war daher nicht verwunderlich, daß die Gedanken der Moderne jetzt um sich griffen. Die Vorfabrikation, Massenbauweise und vielstöckigen Geschoßbauten schienen wirtschaftlich und architektonisch eine Lösung zu sein. Das Fertighaus wurde als Alternative für das traditionelle Einfamilienhaus propagiert. Das rasche Vordringen des Fertigteilbaus war ein Beweis für den technischen Fortschritt in der Bauwirtschaft und für das Bemühen, dem allgemeinen Kostenauftrieb entgegenzuwirken [Expansion, 1971].

Art der Gebäude	konventioneller Bau	Fertigteilbau	Veränderung 1. Halbjahr 71/70 in %	Veränderung 1. Halbjahr 71/70 in %
	Zahl der genehmigten Wohnungen	Zahl der genehmigten Wohnungen	konv. Bau	Fertigteilbau
Einfamilienhäuser	66.170	7.002	+ 9,8	+ 44,2
Zweifamilienhaus	50.938	2.424	+ 10,5	+ 31,5
Mehrfamilienhaus	165.446	10.100	+ 17,4	+ 29,0
Wohngebäude ges.	282.554	19.526	+ 14,2	+ 34,3
	umbauter Raum in m ³	umbauter Raum in m ³		
Anstaltsgebäude	3.745	442	- 12,0	+ 83,4
Bürogebäude	7.477	887	+ 15,1	+ 22,2
Landw. Betriebsgebäude	8.518	635	- 18,4	- 23,1
Gew. Betriebsgebäude	53.674	15.163	+ 4,3	+ 7,3
Schulgebäude	4.727	1.937	+ 5,4	+ 55,8
sonst. Gebäude	9.446	3.086	+ 2,2	+ 58,7
Nichtwohngebäude insg.	87.788	22.150	+ 1,4	+ 15,9

[Expansion, 1971]

Seit den 1950er Jahren erkannten daher Fachleute der Kunststoffindustrie das Potential für Kunststoff-Fertigteilhäuser, denn „Kunststoffe sind ihrer Natur nach Industrieprodukte, und Bauteile daraus werden deshalb stets vorgefertigt.“ [Schwabe, 1967, A 614] Der unbestrittene Vorteil der glasfaserverstärkten Kunststoffe gegenüber traditionellen Baumaterialien lag also in seiner material- und herstellungstechnischen Eigenschaft als Industrieprodukt.

Die Eigenschaften der glasfaserverstärkten Kunststoffe zwangen die Architekten, Ingenieure und Hersteller zu der Vorfabrikation bis hin zu einer industrialisierten Herstellung und Montage. Dies erklärte auch, warum in den 1960er Jahren viele Architekten, die das Industrielle Bauen vorantrieben, auf Kunststoffbauten verwiesen. Das Bauen mit GFK barg aber auch Schwierigkeiten:

„Form, Gestalt, Farbe und Struktur müssen schon im Stadium der Herstellung festgelegt werden. Sie kommen als fertige Produkte aus der Presse und lassen sich in der Regel nachträglich nicht mehr verändern. Deshalb muß die Entwurfsarbeit mit der industriellen Produktion zusammengehen. Dies bedeutet ein großes Spezialwissen der Architekten und Ingenieure.“ [Saechtling, 1957]

Dank dem GFK war es möglich, mehrere im konventionellen Bau einzusetzende Bauteile, ja ganze Bauabschnitte in ein GFK-Element zu integrieren. Ein hybrides Tragwerk beziehungsweise hybride Bauteile zu realisieren, die mindestens zwei Systeme und Eigenschaften miteinander verbanden, stellte einen großen Schritt für das Industrielle Bauen dar. Der italienische Architekt Mario Scheichenbauer stellte diese Eigenschaft der GFK-Bauelemente in den Vordergrund seiner Untersuchungen, zum Beispiel innerhalb der Systeme OGAMMA [1965/01] und PONZA [1971/03].

Durch GFK wurde der Gedanke der Industrialisierung im Bauhandwerk präzisiert, angewendet und vor allem technisch weiterentwickelt. Auch die vermeintlich handwerklich ausgerichtete GFK-Verarbeitung des Handauflegeverfahrens basierte auf einer Vorfertigung, der ersten Stufe der Industrialisierung.

Das Bauen mit GFK verdeutlichte und beschleunigte die Umstrukturierung des Bauhandwerks zu einer industriellen Bauwirtschaft. Ionel Schein erkennt:

„Und schließlich ermöglichen diese selben Eigenschaften die Schaffung einer neuen Industrie: der eigentlichen Bauindustrie. Denn die Tausende, ja Millionen von Ziegelsteinen und Türen, von Fenstern oder Wandplatten genügen noch nicht zur Rechtfertigung dieser Bezeichnung. Eine Bauindustrie wird erst von dem Tag an wirklich existieren, da sie ganze, in der Fabrik fertiggestellte Einheiten liefert, schön und nützlich in ihren Formen und zum Gebrauch der Menschen bestimmt, die darin glücklich leben werden.“

[Schein, 1957, 59]

Aufgrund der Vorfertigung und der benötigten Schalungen ist es ratsam, einen GFK-Bau aus mehreren identischen Grundelementen aufzubauen. Die Ausbildung dieser Grundelemente, die sich daraus ergebenden Bauvarianten bis hin zur Entwicklung von Gebäudekomplexen aus Raumzellen gehen stark in die Richtung der Gedanken der Strukturalisten, die die Beziehung zwischen Raum und Nutzung nicht mehr statisch wahrnahmen. Das Grundprinzip ist die Gliederung in kleine, überschaubare, menschlich erlebbare Einheiten, die individuell angeordnet und verändert werden können [Joedicke, 1998]. Hervorgehoben werden müssen hier die Bausysteme der Montecatini Raumzelle [1957/03], der Ceculle Polyvalente [1964/02], des Modular Housing Systems [1968/03] und der Fertighaus Bauelemente [1968/04]. Diese verdeutlichen, daß das Bauen nicht monoton ist, nur weil es vorgefertigt wird. Gestaltungsmöglichkeiten, integrierter Variantenreichtum und vor allem Anpassungsfähigkeit an die Standorte sind Grundlagen dieser Projekte.

Die Entwicklung von Tragwerksystemen als Überdachung und raumbildende Elemente aus vorgefertigten industriell zu produzierenden Bauteilen wurde bereits 1959 am MIT (Architekt Goody, Ingenieur Heger und Studenten) unter Unterstützung der Monsanto Chemical Corp. entwickelt [Goody, 1961]. Sie entwarfen einen Volksschultyp, der aufgrund der Lehrpläne, der variierenden Schülerzahlen und Lehrmethoden dauernden Änderungen unterworfen war. Die Schulhäuser mußten je nach Bedürfnissen erweitert, umgebaut oder gar demontiert und an einem anderen Ort wieder aufgestellt werden können. Dieses Bausystem für eine Schule stellte eine sehr gute Lösung für eine ansprechende architektonische Form und gleichzeitig die Verwendung von in industriellen Verfahren hergestellten hyperbolischen Sandwichelementen dar. Ein Prototyp [1959/06] wurde auf dem Gelände des MIT jahrelang als Kindergarten genutzt [Goody, 2005].

GFK-Konstruktionen als Überdachungen oder Gebäudehüllen, die aus mehreren hundert bis zu tausend identischen Elementen bestehen, beziehen also den Grundgedanken der Serienfertigung in das Tragwerksprinzip mit ein. Besonders die Faltwerke und räumlichen Strukturen basieren auf der Verwendung zahlreicher identischer Bauelemente. Eine solche Struktur kann aufgrund der Optimierung anderen Herstellungsprinzipien selbst in wirtschaftlichen Gesichtspunkten überlegen sein. Für Architekten war es eine wesentliche Vereinfachung, industriell gefertigte und somit frei erhältliche baurechtlich geprüfte Bauelemente verwenden zu können. Im Katalog finden sie nur innerhalb richtungsweisender Projekten Eingang, wie zum Beispiel die räumlichen Strukturen der Forschungsgruppen unter Z.S. Makowski [1963/06; 1968/15], Renzo Piano [1965/06], der University Tensile Corporation [1969/21] und das Bausystem von Frank Huster [1977/05]. Solche Grundelemente konnten zum Beispiel im Profilziehverfahren hergestellte längsprofilierte 0,675 m breite Hallenwandplatten sein, welche auch in tragenden Konstruktionen als Überdachung Einsatz fanden. Auch GFK-Hutprofile mit 0,625 m Seitenlängen und 0,31 m Stichhöhe waren für Dächer mit 7,5 m bis 12 m Spannweite, je nach Materialstärke frei tragend verlegbar [IBK, 1971, 259]. Die Herstellung von GFK-Halbschalen als Oberlichter oder Vordächer basierte auf im Wickelverfahren hergestellte Zylinder, die dann zwei oder dreimal geteilt wurden [Schwabe, 1973, 16].

Allerdings war der Begriff der Industriellen Fertigung unter den Kunststoff-Fachleuten keineswegs identisch. Zum einen aufgrund der fehlenden Definition des Begriffes und zum anderen aufgrund unterschiedlicher Erwartungshaltungen. Einige verstanden unter 'industriell' lediglich eine Vorfertigung der Bauteile in

der Halle, andere steigerten diesen Begriff über die Herstellung und Ausstattung einer gesamten Raumzelle im Werk bis zu der Forderung nach reiner maschineller Produktion, ähnlich dem Strangziehverfahren. Im Minutentakt sollten die fertigen Bauteile aus der Maschine herauskommen (siehe Monsanto House [Dietz, Final Report, 1957]).

1972, auf dem Kongreß 'Wie wird im Jahre 2000 gebaut?' in Luzern, einigte man sich auf eine Definition:

„Als Bauindustrialisierung wird jede Baumethode bezeichnet, die bei mindestens gleich bleibender Qualität und gleich hohem Produktionsvolumen zu einer wesentlichen Reduktion des Arbeitsaufwandes führt. Charakteristische Merkmale der Bauindustrialisierung sind: Verlegung möglichst vieler Arbeitsgänge von der Baustelle in einen Produktionsbetrieb; zwingende Systematik im Arbeitsablauf, von der Produktion bis zur Fertigstellung der Bauten, Produktions- und Montagetechniken schreiten rasch voran. Rohbau und wesentliche Teile des Innenbaus werden in den Industrialisierungsprozeß einbegriffen. Fertigbauweise, investitionsarmes Bauen, auch ein solches mit flexiblen Grundrissen, haben große Zukunftschancen.“ [Wagenführ, 1972]

Allgemein wurde zwischen handwerklicher Fertigung von Einzelstücken bis hin zu Kleinserien (bis 100), teilmechanisierter Fertigung für mittlere Stückzahlen (bis 1000) und industrieller Produktion oder auch vollmechanisierter und automatischer Fertigung von Großserien bis zu 10 000 Stück und mehr unterschieden [Weller, 1989]. Natürlich waren den Fachleuten aufgrund ihres Wissens um die komplexen Bauteile die Schwierigkeiten einer maschinellen Produktion mit GFK klar. Die gerade für das Bauwesen benötigten großen Bauteile konnten aufgrund ihrer Formen, Verschneidungen, Randausbildungen und der Sandwichbauweise am besten im Handauflegeverfahren hergestellt werden. Daß das Handauflegeverfahren bereits Anfang der 1950er Jahre durch die Entwicklung des Faserspritzverfahrens industrialisiert wurde, zeigt die Bedeutung dieser Fertigungstechnik für das Bauwesen. Vor allem die Taktweise gesteuerten Fertigungsverfahren für die Herstellung kompletter Sanitäreinheiten zeugen von der wirtschaftlich rationalen Fertigung komplexer Raumzellen. Die Weiterentwicklung des Faserspritzverfahrens zu beispielsweise einer 1971 in Wien in Betrieb genommenen halbautomatischen Anlage für die Herstellung von Platten im Faserharz-Spritzverfahren wurde für die Produktion von Fertighaus-Sandwichpanels für die USA und Kanada genutzt [Saechtling, 1975]. Die Spritzeinheiten für Gelcoat und Laminat waren in dieser Anlage in zwei Richtungen beweglich auf den Brücken quer über das Förderband angeordnet. Die aufgespritzte Schicht konnte mit einem Anrollsystem automatisch entlüftet werden. Automatische Anlagen für die Herstellung dreidimensionaler Elemente mit einem Roboter-Trägerarm für das Spritzgerät, wurden bereits im Bootsbau angewendet.



Fertigungsstraße für Sanitärzellen
[Knappke, 1974, 45]



Einbau von Sanitärzellen in Habitat, Montreal 1967
[Saechtling, 1973, 377]

Injektionsverfahren mit modernem Gerät waren Anfang der 1970er Jahre in lebhaftem Aufschwung begriffen. Laut Saechtling wurden zwischen 1970-74 in Westeuropa etwa 200 Anlagen, größtenteils in der Auto-Industrie und im Bootsbau, in Betrieb genommen. Auch Schwimmbecken von 4 m x 8 m Größe und einer Gesamtoberfläche von 70 m² konnten im Vakuum-Injektionsverfahren hergestellt werden. [Saechtling, 1975] Die Einstellung der Maschinen auf die Arbeitsleistung, Geschwindigkeit und gesamte Bauteilherstellung

in Abhängigkeit von der Injektionsgeschwindigkeit, Druck, eventuell auch in Verbindung mit Sog, und die dazu benötigten Flüssigharze sind Teilgebiet der Werkzeugmacher und Hersteller und haben für die Architekten und Ingenieure nur insofern Auswirkungen, als daß sie den Preis der Technik, der Herstellungszeit und eventuell auch der exakten Formgebung des Bauelementes beeinflussen. Zur Herstellung einer Lichtkuppel mit 1,3 m Stichhöhe und 200 kg Gewicht benötigte man zum Beispiel mit allen Vor- und Nacharbeiten insgesamt 8 Stunden, wobei etwa 40 Minuten nur auf die Füllzeit entfielen [Saechtling, 1975].

Arthur Quarmby entwickelte den Gedanken der Vorfertigung von Fertighäusern für den gesamten Bauemarkt weiter. Das Hauptproblem sah er in der notwendigen Technisierung des Baugewerbes, der daraus folgenden Abschaffung der Splitterung aller Disziplinen:

„Die Umwandlung kann auf drei Wegen geschehen:

1. die Umwandlung von einer konstruktiven Industrie zu einer produzierenden,
2. die Käufer müßten Massenbestellungen geben, dies passiert z.B. in GB für Schulen (SCOLA, CLASP), hier besteht die Gefahr, daß sich die gesamte Bauindustrie verändert. Ein Großmarkt würde sich herausbilden, der dann auch die Art der zu fertigenden Gebäude bestimmt,
3. eine große dynamische Vereinigung entwickelt eine austauschbare und flexible Anzahl von Funktionselementen und speziellen Gebäudetechniken für die weltweite Produktion mit angepaßten Kostenvariationen.“ [Quarmby, 1974, 185]

Nach Quarmby bestand das Risiko in dem zwangsläufig veränderten Aussehen der Gebäude, das auf den notwendigen technischen Entwicklungen für Massenproduktion und nicht mehr des Handwerks basierte. Wie ein solcher Großmarkt aussehen und funktionieren sollte, konnte er sich allerdings nicht vorstellen.

Er forderte aber eine Veränderung der Tausende von kleinen Handwerksbetrieben mit kleiner Gliederung und keinem feed-back hin zu einer handvoll von Großkonzernen, die den Hauptanteil der Produktion aller Gebäude des Landes handeln sollten. Die Architekten hätten dann die Spezialisierung akzeptieren müssen, ein Architekt hätte dann nur noch Technologie oder Planer sein können. [Quarmby, 1974, 188]

Arthur Quarmby hatte jedoch übersehen, daß sich solche Großbetriebe bereits vor den zwei Weltkriegen gebildet hatten, zum Beispiel Waiss & Freytag oder Holzmann in Deutschland, die international arbeiteten. Nach 1950 gründeten sich im Industriebau, aber auch im Fertighausbau zahlreiche Firmen. In den Ostblockländern wurden Kollektive gebildet, in denen Architekten, Ingenieure und Produzenten an der Realisierung der Industrie- und Wohnungsbauten arbeiteten.

Fertighäuser aus Kunststoff, in der Mehrzahl aus GFK, aber auch in Mischkonstruktionen, wurden von Großfirmen auf den Markt gebracht. Diese waren entweder Materialhersteller wie BASF und Bayer, welche eigene Entwicklungsabteilungen gründeten, oder Herstellerfirmen wie Mickleover Ltd., London, die Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Montage in sich vereinten.

Die gleichen Architekten, die die Einführung von industriellen Bauplanungsmethoden und der Produktion von Bau-Systemen forderten, machten aber auch, meist aufgrund eigener Erfahrungen auf die Gefahren aufmerksam. Diese lagen nach Joedicke:

„in der Verselbständigung der einmal entwickelten Verfahren. Wie meine Erfahrung mit von uns entwickelten Bausystemen lehrt, benutzen die Auftraggeber (z.B. die Bauindustrie) das ihnen in die Hand gegebene Werkzeug, unter ausschließlich quantitativen Aspekten, und wie in Goethes Zauberlehrling steht der Planer unter Umständen fassungslos vor der ständig umfangreicher und anonym werdenden Produktion, die jede Identifikationsmöglichkeit zu leugnen scheint.“ [Joedicke, 1970, 110]

Die Quantität industrieller Produktion stand 1970 bereits in einem solchen Mißverhältnis zur Qualität, daß die Architekten sich ausdrücklich für eine unabhängige Planung aussprachen, in Hinsicht auf die qualitativen räumlichen und den ästhetisch-semantischen Anteile [Joedicke, 1970, 114].

Anfang der 1970er Jahre verstärkte sich der Ruf nach soziologischen Untersuchungen im Wohnungs- und Siedlungsbau. Rudolf Doernach führte maßgeblich dieses Thema und das der Ökologie in das Industrielle Bauen mit Kunststoffen ein [Doernach, 1974]. Er begründete in seinem weiteren Schaffen das Feld der Bio-tekture, das sich neben organischen Formen vor allem den natürlichen Baustoffen zuwandte. Doernachs 1973 publiziertes Raumbausystem (Urban System) war sein Vorschlag für einen sozialen Mehrgeschoßbau [Doernach, 1973, A232].



Urban System, Doernach Systemforschung 1974 [Doernach, 1974, 20]

Dieses bestand aus addierbaren, bioklimatisch offenen transportablen Containern mit einer Grundfläche von 25 m² innerhalb eines Primärskelletes aus Stahlträgern. Dies erlaubte die variable Stapelung der Elemente zu einem mehrgeschossigen terrassierbaren Stadtbausystem. In seiner Publikation *Bausysteme mit Kunststoffen* von 1974 erkennt er aber:

„In diesem Zusammenhang muß bemerkt werden, daß (materialunabhängig) ‘Dichteschäden’ psychosomatischer Natur zu befürchten sind, auch bei städtebaulichen Anordnungen, die nicht mindestens in einer Richtung einen breiten Blickwinkel in die freie Natur erlauben. Atriumförmige und mehr als dreigeschossige Anordnungen erweisen sich möglicherweise u.a. für die Mutter-Kind-Beziehung als schädlich. Seit spätestens 1970 bestehen auch soziale Bedenken gegen die ‘totale’ Vorfertigung und Industrialisierung. Die Entfremdung durch Spezialisierung und Automation, nunmehr auch beim ‘Produkt Haus’, könnte gefährliche psychologische Folgen haben. Den Ausweg bietet die Minimierung auf das technisch-statisch-baupolizeilich Notwendige bei größtmöglicher Freiheit zu individueller Gestaltung: also Selbstbau-Systeme ohne Anspruch auf ‘gültige’ Ästhetik.“ [Doernach, 1974, 21]

5.5 Temporäre Architektur

Das Umdenken der Gebäude und somit auch der neuen Möglichkeiten für Stadtakkumulationen hatte zwangsläufig auch Auswirkungen auf die Lebensdauer von modernen Gebäuden.

„An die Stelle des schwerfälligen ‚soliden‘ alten Steinhauses mit jener durchschnittlichen ‚Lebensdauer‘ von mindestens einem halben Jahrhundert wird der leichtere und mobilere Bau mit einer Lebensdauer von nur 20 bis 30 Jahren treten. Ähnlich wie man nicht mehr Möbel, Aussteuer usw. fürs ganze Leben haltbar und verwendbar kauft, wird man Häuser und Wohnungen auf bedeutend kürzere Frist bauen und nutzen, so daß der Fortschritt der Bauwirtschaft perpetuierlich genutzt zu werden vermag. Was die Wohnweise angeht, so hat das Kunststoffhaus also zweifellos eine Zukunft.“ [Wagenführ, 1972]

Die kürzere Nutzungsdauer hatte aber nicht nur Auswirkungen auf die Gebäude selbst, sondern auch auf das Bauwesen.

„Häuser sind (...) die technologisch rückständigsten Industrieprodukte. Es ist also in der Konsequenz dringend notwendig, das Produkt ‘Haus’ in seiner Lebenszeit drastisch zu verkürzen, um seinen

Amortisationszeitraum herabzusetzen, um es damit für Forschung und Entwicklung attraktiv machen zu können und auf diese Weise dann zu entscheidenden Verbilligungen zu gelangen.” [Döring, 1970, 110]

Im Falle der GFK-Häuser war dieser Anspruch durchaus realisiert und von der Bevölkerung akzeptiert worden. Allerdings war der hierzu nötige Stoffkreislauf, die Entsorgung der abgenutzten Kunststoffhäuser, notwendig. Dieser ist aufgrund der Fülle aller Kunststoffabfälle in den 1980er Jahren eingerichtet worden. Die Wiederverwertung von GFK als beispielsweise Zuschlagstoff im Straßenbau ist heute anerkannte, aber in der Bevölkerung und der Architektenschaft nicht bekannter Stand der Technik.

Das Büro von Peter und Bärbel Hübner und Frank Huster, welche sich als 3 h design (Hübner + Huster - Häusermacher) 1969 bis 1973 zusammenfanden [www.uni-stuttgart.de], nutzte GFK vorwiegend als tragende Außenbeschichtung ihrer Papp-Konstruktionen. Sie waren nicht an dem Tragverhalten oder der architektonischen Aussage der neuen Materialien interessiert, sondern nahmen sie, um ihre Ideen der kurzlebigen Architektur zu realisieren. Sie konzeptionierten bauliche Systeme für eine begrenzte Lebensdauer von ein bis zwei Jahren, wobei diese gleich der zu erwartenden Nutzungsdauer war. Dies bot für die Planung und Ausführung die Möglichkeit, sich die Relation zwischen Kosten und Nutzen neu zu eigen zu machen und zu definieren. „Das Experiment mit Raum, Konstruktion und Zeit ist eine Abkehr von einer ewig währenden Architektur.” [Hübner, 1971, 94] Zu diesem Thema stellte 3h design 1970 auf der Züricher Ausstellung ‘Architektur und Konsumgut - Wegwerfarchitektur’ ihren Papp-eder 1/2 62 aus [Hübner, 1971, 94].

Papp-eder 1/2 62 Flächner, 1970
Polyfalt-Hallen mit ‘wachsender’ Oberflächenbeschichtung, 1971
3 h design
[Hübner, 1971, 96], [Hübner, Archiv]



Die Designgruppe ging nicht von theoretischen Lösungen und Szenarien, der neuen Städte aus, sondern von konkreten Anwendungsbeispielen wie temporär genutzte Gebäude, zum Beispiel Notwohnungen, Marktstände und Ausstellungsgebäude. Die Hauptkriterien waren, daß sich erstens die Kosten während der Standzeit amortisieren mußten, zweitens sich mit einem verhältnismäßig geringem Kapitaleinsatz schnell ein großes Bauvolumen realisieren ließ und drittens aufgrund der Kurzlebigkeit spätere Entwicklungen des Baugebietes offengehalten wurden. Die Verwendung von Wellpappe als Tragkonstruktion unterstützte zudem das Kriterium, bereits vorhandene Industrieprodukte zu benutzen, da hierfür keine Sondermaschinen oder eine ganze Technologie neu eingeführt werden mußte. Die Bedingungen der Verpackungsindustrie, die Art und Größe der Produkte, waren Voraussetzung der zu entwickelnden kurzlebigen Bauten. Neben Zelt- und Faltkonstruktionen aus Pappe untersuchten sie aber auch Pneu- und geschäumte Kunststoffkonstruktionen hinsichtlich ihrer Nutzungseignung, Fertigung und der Kosten.

Ihre Untersuchungen bezogen sich dabei neben dem Tragwerk auf die Oberflächenbeschichtungen, Verbindungstechniken und Montageverfahren [Hübner, 1971]. Ausgeführtes Beispiel einer temporären Nutzung dieser Bauweise waren 89 Raumzellen als Personalaufenthaltsräume, Umkleideräume, Erste-Hilfestationen, Kiosk, Sanitärzellen mit 11,5 m² oder 16 m² Grundfläche zur Olympiade 1972 in München [Hübner, 1972] und als Studentenwohnheime, ebenfalls in München [1971/07].

6. Fazit

Das Bauen mit glasfaserverstärkten Kunststoffen durchlief in den 1940er bis 1970er Jahren eine für einen Baustoff kurze aber sehr ergiebige Pionierphase. Die Chemiker, Chemiefirmen, Verarbeiter, Ingenieure und Architekten, aber auch Künstler schufen einen weitentwickelten Baustoff und ein breites Angebot an Realisationen. Sie bewiesen, daß der GFK in vielfältigster Form nicht nur in der Sportartikelindustrie, im Boots- Fahrzeug- und Flugzeugbau, sondern auch im Bauwesens als selbsttragender / tragender Werkstoff angewendet werden konnte. Die mit GFK Bauenden waren sich dessen bewußt, daß die in den 1950er bis 1970er Jahren entstandenen Bauten vorbildhaft in ihrem Anspruch an die Architekturformen, die Nutzung, die Tragwerke und die Ausführungen waren. Dies setzte von Anfang an hohe Maßstäbe, denen sich die Pioniere aber erfolgreich stellten. Selbst die als Versuchsobjekte deklarierten Projekte mußten der aktuellen Architektur, dem Stand der Technik und den Gebrauchswerten genügen. GFK-Bauten waren dabei nicht allein aufgrund des neuen Materials modern, sondern auch aufgrund ihrer klaren Formen und dem offenen Nutzungskonzept entsprechend einer modernen demokratischen Gesellschaft, die aufgeschlossen und optimistisch der Zukunft gegenübersteht. Das Bauen mit GFK symbolisierte diesen Optimismus durch freie Formen, transluzente Flächen und auffällige Farben.

Die lediglich vier Jahrzehnte umfassende Pionierphase des Bauens mit GFK kann in drei einzelne Phasen unterteilt werden. Innerhalb der ersten (1942-1959) fand die Entwicklung des Baustoffes und der Herstellungstechniken sowie die Suche nach ersten Einsatzfeldern statt. Die sich durchsetzende moderne Architektur, neue Formen und Konstruktionen und vor allem Licht und Farbe brachten den herrschenden Optimismus des neuen Bauens der Nachkriegsjahre zum Ausdruck. Diese gesellschaftliche und wirtschaftliche Aufbruchstimmung und die Hochkonjunktur innerhalb des Bauwesens wirkte sich für die Anwendung des GFK positiv aus.

Die zweite Phase (1960-1972) war die bedeutendste Zeit des Bauens mit glasfaserverstärkten Kunststoffen. GFK war Ausdruck des Fortschritts und der Leistungsfähigkeit der Industrie und des Bauwesens und Vorbild für deren Umstrukturierung zu einer Bauindustrie. Es entstanden die vielfältigsten Ausführungen mit GFK, spielte aber auch in den entwickelten utopischen Projekten der Stadtszenarien eine wichtige Rolle. Die Ausrichtung auf den Wohnungsbau gründete sich auf dessen großem Bedarf nach dem Zweiten Weltkrieg und der grundlegenden Ausrichtung der Moderne auf das Einfamilienhaus. Die überwiegende Entwicklung von Zweithäusern basierte aber auf den kurzzeitigen Erfahrungswerten im Bauen mit GFK und den ungenügenden baurechtlichen Bestimmungen für den Einsatz in mehrgeschossigen Bauten.

Die dritte Phase (1973-1980) umfaßte das vorläufige Ende des Bauens mit GFK. Aufgrund wirtschaftlicher Beeinträchtigungen, besonders der Preissteigerung durch das Ölembargo 1973, aber auch gesellschaftlicher Ablehnung und immer noch zu aufwendiger Planung und Genehmigung wurden immer weniger Projekte realisiert. Trotz massiver Aufklärungsarbeit gelang es nicht, die bereits gefaßten Vorurteile aus dem Weg zu räumen beziehungsweise genügend Zeit einzufordern, um alle technischen Probleme zu lösen. Dabei war das Bauen mit glasfaserverstärkten Kunststoffen schon in den 1970er Jahren ein in seiner Ausführung, Ausstattung und Dauerhaftigkeit vollwertiger Konkurrent zum Bauen mit traditionellen Baumaterialien gewesen.

Im gesamten muß den Architekten und Ingenieuren ein zu kurzer Atem zu bescheinigt werden, denn sie haben lediglich 20 Jahre investiert, die Mehrheit nur 10 Jahre, um den zu Anfang hochgepriesenen und schließlich verdammt Baustoff GFK einen Platz innerhalb des Bauwesens zu geben. Als wenn es nur eine Modeerscheinung in der Architektur gewesen wäre, sind die Bauten in Vergessenheit geraten, Erkenntnisse

in Bibliotheken und Archiven eingestaubt, und lediglich auffällige Stilikonen wurden in den 1990er Jahren von Designern wiederentdeckt.

Denn trotz oder wohl gerade aufgrund der geringen Zeitspanne kann die Pionierphase des Bauens mit glasfaserverstärkten Kunststoffen als erfolgreich bezeichnet werden. In ihr ist der Beweis gelungen, daß man anspruchsvolle, vielseitige Projekte aus GFK bauen kann, die zum Teil bis heute noch genutzt werden. Weiterhin kann gesagt werden, daß die Architektur durch einen weiteren Baustoff in ihrem Formenreichtum und somit Ausdrucksmöglichkeiten erheblich bereichert wurde. Diese Pionierphase zeigt aber auch, daß das Bauen nicht allein auf wirtschaftlichen Tatsachen und auf Neuentwicklungen beruht, sondern daß es zu den schönen Künsten gehört, die die Gesellschaft bereichert und auch erzieht.

Da eine Pionierphase erst durch Realisationen existiert, ist es wichtig, den neuen Baustoff praktisch in alle Richtungen, auf alle Arten und Weisen zu testen. Die Pioniere suchten nach einer Architektur mit glasfaserverstärkten Kunststoffen, wobei sich die Ingenieure mehr für das WIE interessierten und die Architekten der Frage: 'WAS baue ich mit GFK?' nachgingen. Beide Berufsgruppen mußten dabei ihre Grenzen, die sich mit der Herausbildung des Ingenieurbaus des 19. Jahrhundert gebildet hatten, übertreten, mußten sich der Domäne der anderen Fachgruppe annähern. Eine starke Zusammenarbeit bereits im Entwurfsprozeß war unerlässlich. Einige Pioniere können aufgrund ihres breiten Interesses und ihrer Arbeitsweisen auch als Baumeister bezeichnet werden. Leider hat es aber nur einen geringen fachlichen Austausch zwischen allen Beteiligten, den Architekten, Ingenieuren und der Industrie gegeben. Das Bauen mit GFK wurde durch wirtschaftliches Profitdenken und der Unterbindung des freien Wissensaustausches in seiner Entwicklung gehemmt.

Die von den Pionieren gesuchte GFK-Architektur war eine sehr vielfältige, die sich nicht auf wenige typische Formenmerkmale zusammenfassen läßt. Es entstanden nicht nur Bauten mit abgerundeten Ecken oder Raumzellen, die an Ufos erinnern. Eine einheitliche Architekturströmung ist also nicht definierbar. Festzustellen ist, daß besonders leichte Flächentragwerke, die einen geringen Materialverbrauch und große Leistungsfähigkeit aufweisen, wie Schalen, Faltwerke, hyperbolische Flächen und Schirme, sich ideal für Tragwerke aus GFK eignen. Nicht zuletzt sind die vielfältigen Variationen der geodätischen Kuppel ideale Tragwerke für die glasfaserverstärkten Kunststoffe. Auch die Sandwichplatten als dreidimensionale Bauteile sind gelungene Konstruktionen. Der Einsatz von Sandwichelementen mit Hartschaumkern ist für die Nutzung als Gebäudehülle entscheidend, da erst hiermit eine wärmegeämmte, luft- und wasserdichte Wand und Decke realisiert werden konnte.

Das neue Material ermöglichte es den Architekten, ihre Vorstellungen und Träume von Formen, Bauten und Gehäusen zu realisieren. Diese neuen Gedanken gründeten sich auf den um 1900 erkennbaren Umbruch, in der die Architektur als raumbildende und auch menschenformende Kunst stark diskutiert wurde. Die Kunststoffpioniere schufen Bauten, die sich von organischen und geometrischen Formen ableiteten, aber auch den natürlichen Kraftflüssen angepaßt wurden. Die Analyse des organischen Bauens beweist, daß im Grunde alle Bauformen dem organischen Gedanken zugeordnet werden können, da die Natur als Vorbild der Formen und Proportionen diene. Herrschende Naturgesetze bestimmen die Tragwerke und der Gedanke der Ganzheitlichkeit und der Evolution wurde und wird auf die Architekturformen übertragen. Das Bauen mit GFK gründete sich nachweislich aus der Architekturgeschichte und der Auseinandersetzung mit der Natur und der Gesellschaft. Die auf die Architekten und Ingenieure einfließenden Themen waren: die Schaffung einer Einheit von Gebäude und Natur, die Übernahme von Formen aus der Natur, der Geometrie, aber auch der Phantasie.

Der Baustoff GFK ist nicht nur aufgrund seiner Herstellung ein industrieller Baustoff, sondern auch aufgrund seiner Herstellungstechniken. Das propagierte Industrielle Bauen, welches auf Vorfertigung der hochspezialisierten Bauelemente in gleichbleibend hoher Qualität, hoher Wirtschaftlichkeit, geringem Arbeitsaufwand und schnellem Aufbau basiert, wurde durch die Verwendung von Kunststoffen, speziell dem Bau von Fertighäusern aus beispielsweise GFK, verdeutlicht und präsentiert. Das Ideal des Fertighauses war in den 1960er Jahren das Kunststoffhaus, welches Idealerweise vollständig aus Kunststoffen bestand und daher am effektivsten aus glasfaserverstärkten Kunststoffen. Aber die Herstellungstechniken für die architektonischen Elemente waren vom handwerklichsten Verfahren, dem Handauflegeverfahren, in mittleren und kleinen Firmen dominiert, dessen Gesamtkosten kalkulierbar war. Diese Firmen waren beweglicher, wenn es darum ging neue Entwicklungen mit außergewöhnlichen Formen zu realisieren. Wenige Großhersteller konnten mehrere GFK-Bauten in Serie produzieren. Heute sind Einzelanfertigungen Dank der Computer- und Robotertechnik und den CNC-Fräsen wirtschaftlich möglich. Diese Techniken waren in den 1970er Jahren noch in der Entwicklung.

Neben den Architekturtypen waren aber auch die Nutzungsvarianten für eine erfolgreiche Erprobung des neuen Baustoffes entscheidend. Die Nutzungstypen Gebäudehülle, Überdachung und Fassade waren insgesamt die erfolgreichsten Anwendungen, da sie wirtschaftlich und kommerziell konkurrenzfähig zu Bauten aus Stahl, Beton, Holz und Mauerwerk akzeptiert wurden. Die industrielle Fertigung ermöglichte die Herstellung von Grundelementen, die variabel aneinandergereiht verschiedensten Funktionen und Ansprüchen gerecht werden konnte. Hier ist aber nicht die von den Pionieren propagierte Ausrichtung auf Massenvohnungsbau oder ausschließlich aus GFK bestehenden Siedlungen zu empfehlen, sondern Hallenbauten, Überdachungen oder Kleinräume des urbanen Bedarfs, wie Kiosk oder Tankstellen. Aufgrund der freien Formbarkeit des GFK, seiner Transluzenz beziehungsweise Einfärbbarkeit ist er gerade für Ausstellungsarchitekturen und Spielgeräte geeignet.

Einige Anwendungen waren aufgrund der Anforderungen des Standortes und der Nutzung Lösungen mit traditionellen Materialien vorzuziehen, zum Beispiel für sehr spezielle Einsatzgebiete wie Polarzonen und Wüsten oder Kläranlagen. Denn neben dem geringem Gewicht nutzte man vor allem die große Temperaturtoleranz und die Chemikalienresistenz des neuen Materials. Dank solchen Projekten sind die glasfaserverstärkten Kunststoffe im Bauwesen als nachweislich einsatzfähige, leistungsstarke und gestalterisch hochwertige Baustoffe aufgenommen worden. Die Akzeptanz dieser Bauten in der Bevölkerung und ihr hohes technisches Niveau ließen auch noch während der dritten Phase des Bauens mit GFK einen dauerhaften Einsatz in diesem Bereich erwarten.

Generell kann gesagt werden, daß es keine besseren oder schlechteren Nutzungen für Kunststoffkonstruktionen gibt, es gibt lediglich besser oder schlechter angepaßte GFK-Konstruktionen an die Wünsche der Bauherren und die Aufgabenstellung. Besonders die realisierten Wohn- und Zweithäuser beweisen den Variantenreichtum eines GFK-Gebäudes, unterschiedlichste Grundrißvarianten und freie Interpretation und Selbstdarstellung des Eigentümers beziehungsweise des Architekten. Der stark propagierte und von Fachleuten und Herstellern erhoffte Absatzmarkt im sozialen und privaten Wohnungsbau und für Zweithäuser konnte nicht erreicht werden. Lediglich sieben Wohnhäuser und immerhin 47 Projekte für Zweit-, Schutzhäuser und Raumzellen gingen international in Serienproduktion von bis zu 500 Stück. Die erhofften Produktionszahlen von mehreren Tausend Exemplaren konnten nicht erreicht werden, denn der Verkauf von Bauten aus GFK war im privaten Bereich zu stark von dem persönlichen Geschmack und den in den 1950/60er Jahren gebildeten Vorurteilen abhängig. Einen größeren Absatzmarkt verlor man aber auch, da das Bauen mit GFK als preiswert angepriesen wurde, was aber mit dem hohen Materialpreis, damaligen Herstellungsverfahren und geringen Verkaufszahlen nicht realisierbar war. Die Mehrzahl der Fachleute

waren von den entwickelten Wohnhausvarianten enttäuscht, da das Einfamilienhaus keine Lösung für die erwartete Bevölkerungsexplosion darstellte. Die bis dahin entwickelten Stadtakkumulationen mit GFK-Raumzellen schienen zu utopisch, um als reale Alternativen akzeptiert zu werden. Die Pioniere hatten in ihrem Überschwang der Umstrukturierung des Bauwesens zu einer Bauindustrie beim Wohnungsbau als Fertighausbau beziehungsweise Zellenbauten, die sich hoch in die Lüfte stapeln, nicht mit der konservativen Einstellung der Gesellschaft und deren Furcht vor so großer Veränderung gerechnet. Der Umgang mit den neuen klimatischen Verhältnissen in einem vollgedämmten und luftdichten Haus mußte erst erlernt werden, Menschen mußten erst lernen, sich in den neuen Städten heimisch zu fühlen. Die Entwurzelung durch die rasante Entwicklung der Technik wurde durch das Festhalten an traditionellen Formen des Einfamilienhauses ausgeglichen.

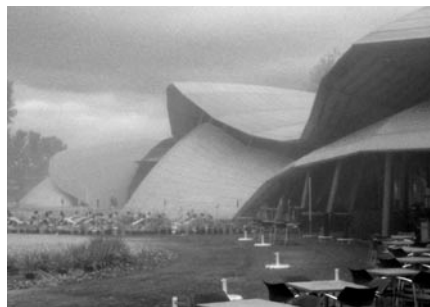
Zugleich kippte der Optimismus der Aufbaujahre in einen Pessimismus der 1970er Jahre, die die neuen Städte und mit ihnen den Kunststoff verteufelten, was zu einer Abneigung gegen das GFK-Haus führte, aber nicht zu einer vollständigen Verdammung der Vielzahl von Kunststoffprodukten innerhalb des Bauwesens und des täglichen Lebens.

7. Ausblick

Das Bauen mit Kunststoffen ist heute wieder in das Interessenfeld der Architekten gerückt. Allerdings gibt es sehr wenige aktuelle Projekte, in denen der GFK als tragender Werkstoff eingesetzt wurde. Raumbildende Innenausstattungen der Präsentations- und Verkaufsräume, selbsttragende Fassaden von Kleinräumen wie Trafohäuschen oder Überdachungen für Bushaltestellen prägen das Nutzungsfeld dieses wiederentdeckten Baumaterials. Im Gegensatz zu der Pionierphase reizt es heute niemanden mehr, die faserverstärkten Kunststoffe als zukunftsgerichtete Baustoffe für eine schöne neue Welt einzusetzen, sondern man möchte die Architektur zum Erlebnis werden lassen.

In den 1990er Jahren mehrten sich Projekte, die sich gegen den allgegenwärtigen Minimalismus setzten, der durch Architekturzeitschriften und Lifestyle-Magazine verbreitet wurde. Durch organische Formen sollte die Architektur, der Raum wieder erfahrbar, erlebbar werden. Er wurde als frivoler Konsumartikel verstanden, als Soft Space, als Blob mit fließenden Oberflächen und einer weichen Ästhetik. Zunächst schienen die Projekte maßstabslose Zufallsprodukte zu sein ohne Berücksichtigung des Zeitgeistes, geschaffen aus der Lust des digitalen und virtuellen Entwerfens. Die Suche nach einer Bezeichnung für diese neue Architekturströmung brachte Begriffe wie Blobmeister, Blob-Architektur und Biomorphismus hervor. Wobei schon zu Beginn auffällig wurde, daß sich beispielsweise die frühen Projekte von Zaha Hadid in diese Begrifflichkeiten nicht einfügen ließen. Aber sie gehörten doch in diese sich neu formierende Strömung hinein, die Bewegungsflüsse, Dynamik und Spontaneität und somit geometrische, flexible, organische und amorphe Formen unter Einplanung des Spiels und des Zufalls in die entstehenden emotionsbeladenen Bauwerke einbrachten.

Schwerpunkte dieser amorphen Architektur sind Skulpturen, Ausstellungsbauten, Museen und Erlebnisräume des Konsums und der Entspannung. Die Pavillons der Expo'02, das Forum Soft und der Pavillon Everland (2002) verdeutlichen dieses Grundprinzip einer erlebbaren Architektur, die man wie im Falle des Everland für eine Nacht als exquisites Erlebnishotel mieten kann.



Forum Soft, Everland auf der Expo'02 Schweiz, Yverdon-les-Bains [Fomekk, 2002]

Die Lichtskulptur 'D-toren' in Doetinchem, Niederlande (2004) ist eine Erlebnisskulptur, die aber nicht nur der puren Unterhaltung und der Werbung der Stadt dient, sondern die auch die aktuellen Gefühlswelten der Bewohner als Licht anzeigt (Freude (blau) Angst (gelb), Hass (grün) und Liebe (rot)) [Adam, 2006].



D-toren in Doetinchem, NL

Q. S. Serafijn, Lars Spuybroek 2004 [Adam, 2006, 56]

Erste Realisationen wurden von der Fachpresse nicht nur in ihrer Form und Nutzung betrachtet, sondern auch in ihrer Konstruktion, dem Tragwerk und der Herstellung analysiert. Die Ausstellung 'Blobmeister' am DAM in Frankfurt/M. (2001) zeigte denn auch eine vielfältige Aufstellung an digitalen Entwürfen, Produktionsfotos und Modellen, die diese jungen und in ihrer Umsetzung ungewohnten Architekturen aber eher als unvollkommen und experimentell wirken ließen, als daß sie für Architekten und Ingenieure eine in Form und Ausführung vorbildliche Rolle demonstrierten. Der Ausstellungskatalog war schon eher in der Lage, die beispielhaften Projekte wie das Ost/Kuttner Apartment, New York von Kolatan/Mac Donald Studio (1996) und den BMW Pavillon von Bernhard Franken Architekten, Hofheim in Entwurf und Entstehung fundiert und hintergründig zu beschreiben. Der größte Kritikpunkt lag im fehlenden Einklang der Form mit der Konstruktion. Hier ist Kulissenarchitektur entstanden, wie zum Beispiel das Lord's Media Centre (1994), London von Future System, welches als glatte amorphe Kunststoffblase wirkt, im Inneren aber eine Rippenbauweise aus Aluminium ist.

Ist der Wunsch nach Form also stärker als der Wunsch nach einer auch in der Ausführung ehrlichen Architektur? Sind die neuen Bauten lediglich Fassadenarchitektur? Kann eine Architektur, die allein durch den Wunsch nach Aufmerksamkeit, Blickfang und Erlebnis entsteht, eine Daseinsberechtigung haben? Die Auseinandersetzung mit der Pionierphase des Bauens mit Kunststoffen läßt den Ruf nach einer ehrlichen Architektur laut werden. Aber ist dies nicht doch nur falscher Ethos der Architekten und Ingenieure? Oder ist gerade dieser Anspruch die Triebfeder für weitere technische Entwicklungen und letztendlich eine ideale Architektur bis hin zur Verwirklichung des Traums, die Menschen durch die Architektur zu verbessern? Neue aufsehenerregende Bauwerke einer sich suchenden Architektur sind von jeher Ausdruck einer gesellschaftlichen Veränderung gewesen. Wandelt sich unsere Gesellschaft oder sind es nur die Architekten und Designer, die den Mut und die Lust zu Spiel und Unterhaltung in den Stadträumen manifestieren? Oder sind die bewegten Formen Ausdruck unserer schnellebigen, mobilen, flexiblen Gesellschaft? Zukünftige Untersuchungen, die mit einem gebührenden Abstand auf die heutige Zeit zurückblicken können, werden hierauf vielleicht eine Antwort finden.

Dank der Weiterentwicklung der digitalen Programme und der Zusammenarbeit aller Disziplinen sind heute einige Bauwerke aus Stahlbeton entstanden, die trotz ihrer amorphen Form in ihrer Gesamtheit als ehrlich gelten können, zum Beispiel das Mercedes Benz Museum in München (2006) von Ben van Berkel. Die durch digitales Entwerfen entwickelten ineinander verkeilten Raumspiralen, wechselnden Radien und doppelt gekrümmten Flächen entsprechen der digitalen Entwicklung der Automobile innerhalb DaimlerChrysler [Marquart, 2006, 21].



Mercedes-Benz Museum Stuttgart, 2006



[Marquart, 2006, 25], [Technik, 2006, 25]

Das dreidimensionale Entwerfen und Konstruieren im Computer ermöglicht die direkte Übertragung der Daten auf Roboter und CNC-Fräsen. Vor allem für technisch versierte Architekten ist das Industrielle Bauen heute nicht mehr eine Massenproduktion, sondern eine flexible just-in-time-Fertigung. Die Übertragung

dieser Techniken auf das Bauen mit faserverstärkten Kunststoffen läßt dessen Weiterentwicklung und größere Wirtschaftlichkeit auch von einmalig realisierten Bauwerken als möglich erscheinen.

Laut Ben van Berkel sind die drei wichtigsten architektonischen Potentiale der neuen Mediationstechnik die Expansion des räumlichen Vorstellungsvermögens, der radikale Bruch mit dem hierarchischen Entwurfsprozeß und die Einführung unterschiedlicher Disziplinen in den Entwurfsprozeß [Marquart, 2006, 21]. Letzteren Punkt forderten ebenso die Pioniere des Schalen- und Leichtbaus. Erst heute ist Dank des Entwerfens und Entwickelns mit Computern diese Forderung in das allgemeine Berufsbild eingeflossen.

Ein anderer wichtiger Punkt der Architekturdiskussion der 1960/70er Jahre war die Forschungsarbeit innerhalb des Bauwesens. Gerade die Materialentwicklung als treibende Kraft für Designinnovationen hatte immer auch breite Auswirkungen auf die Architektur. Nach Tim Eliassen, dem Gründer von Trypyramid, USA (Yachtentwicklung und Zusammenarbeit mit Frank O. Gehry [Franken, 2006, 102]) sind innerhalb der Flugzeugindustrie und dem Bootsbau, speziell der racing yacht für den America's Cup 70 Prozent der Gesamtkosten für Forschung und Entwicklung ausgegeben worden, wobei die Architekturforschung heute immer noch nur 1 Prozent des Gesamtumsatzes erhält. Beachtet werden muß allerdings, daß Architekten und auch Bauingenieure Erkenntnisse der Materialentwicklung, der Verbindungs- und Herstellungsverfahren aber auch des Recyclings und der Stoffkreisläufe der anderen Fachbereiche aufspürt und für den Einsatz innerhalb des Bauwesens modifiziert. Es benötigt daher prinzipiell weniger Forschung ist aber stark von der Zusammenarbeit mit anderen Fachgebieten abhängig. Die Schulung interessierter Bauingenieure und Architekten sollte daher Anliegen der Kunststoffindustrie und -forschung sein.

Im Jahr 2006 stehen wir nicht mehr am Anfang einer neuen Architekturphase, sondern befinden uns mitten darin. Aber es darf nicht vergessen werden, daß eine Analyse immer erst danach, mit Abstand stattfinden kann. Heute sollten eigene Gedanken und Projekte beigesteuert werden, die die Suche nach der neuen anderen Architektur des Spiels und der Skulptur unterstützen. Diese Dissertation soll daher als Anregung und Nachschlagewerk dienen, die vorhandenen Erkenntnisse und Theorien zu nutzen und sich von diesen inspirieren zu lassen, ohne dabei die von mir herausgearbeiteten Vorurteile und Fehler zu wiederholen. Ein Weiterdenken erfordert mitunter auch ein erneutes Überdenken, aber selbst hierfür sollten die Grundlagen und Vorgänger bekannt sein.

Der mobile Ausstellungspavillon MYKO (2004) der Forschungsgruppe FOMEKK ist ein solches Demonstrationsobjekt. Der in den 1950er Jahren bereits aufgezeigte Grundgedanken der idealen Hülle, des Eies, wurde aufgenommen und in Zusammenhang mit der heutigen Nutzungsform, einer mobilen, flexiblen und der Unterhaltung und dem kurzen Aufenthalt dienenden Architektur verbunden. Entstanden ist eine vollgepolsterte GFK-Zelle, die zum privaten Filmschauen im Innern aber auch zum öffentlichen Gemeinschaftserlebnis mit nach außen gekehrter Tür einlädt.



MYKO Forschungsgruppe FOMEKK der Bauhaus-Universität Weimar, 2004 [FOMEKK, 2004]

Inspiziert von der Pionierphase des GFK, kann ich nur dazu aufrufen, eigene reale Projekte zu testen, selbst die Werkstoffe kennenzulernen und vor allem nicht ausschließlich mit dem Computer zu arbeiten. Die heutige Architekten- und Ingenieurgeneration sollte sich den faserverstärkten Kunststoffen, insbesondere den immer noch im Preis-Leistungsverhältnis vorbildlichen GFK, wieder öffnen und erkennen, daß es keine Entscheidung des entweder oder gibt, sondern des auch. Die glasfaserverstärkten Kunststoffe sollten als alternativer Baustoff erkannt werden, denn Kunststoff ist heute nicht mehr DAS Baumaterial der Zukunft sondern EINES der Gegenwart.

Anhang

Katalog

GFK-Bauten
1942 bis 1980

Nutzung	Nutzungsart	Serienproduktion durch identische Teile	einm. Ausführung	Serie der Bauten
Wohnhaus	21	20	12	7
Zweithaus / Schutzhaus / Raumzelle	103	73	36	47
Gebäudehülle	36	33	25	9
Ausstellung	15	13	11	4
Fassade	19	19	12	7
Überdachung	49	47	32	16
Spielgerät	18	11	2	1
Summe	261	216	130	91

Projekte (alphabetisch geordnet)

7-up-Pavillon, USA	1964 / 06	Elementary School, USA	1959 / 06
Abitamobile, Frankreich	1963 / 02	Ensculptic, USA	1969 / 02
Academic & Occuoational School, Kanada	1971 / 20	Europa Kiosk, Schweiz	1971 / 11
Albaredo Haus, Italien	1960 / 01	Europlastique 1974, Frankreich	1974 / 08
Algeco 2002, Frankreich	1970 / 17	Expeditionshaus, Frankreich	1959 / 04
All-plastic house, USA	1973 / 01	Faltwerke, GB	1968 / 15
Amerikanischer Ausstellungspavillon, USA (UdSSR)	1959 / 08	Fassade in Valence, Frankreich	1976 / 04
Anchorlite Habitat, Süd Afrika	1974 / 04	Fassaden der Elgin Estate, GB	1966 / 08
Antennenschutz, SSR	1968 / 16	Fassaden, Brasilien	1974 / 09
Arch Domes, USA	1970 / 02	Fertighaus Bauelemente, BRD	1968 / 04
Ausstellungshalle in Torquay, GB	1973 / 07	Fertighäuser für Radiostationen, Norwegen	1974 / 06
Ausstellungspavillon "Les échanges" Expo '64	1964 / 07	fg 2000, BRD	1968 / 01
Ausstellungspavillon, BRD	1971 / 19	Filament Wound Home, USA	1968 / 11
Autobahn-Service-Brücke, GB	1972 / 06	Fliegende Bauten, BRD	1980 / 01
Avio Fokker, NL	1971 / 04	Flughafenterminal, Dubai	1971 / 26
Bakelit House, GB	1961 / 01	Fokker Haus, NL	1965 / 03
Bamy, Schweiz	1969 / 05	Fort Chimo-Flughafengebäude, Kanada	1973 / 10
BANGA Raumzelle, Italien	1976 / 02	FP 64, Italien	1963 / 03
Bangkok, Thailand	1966 / 07	Franchise Units, Mexiko (USA, Kanada)	1970 / 03
Bankgebäude, Belgien	1970 / 25	Französisches Schneckenhaus, Frankreich	1956 / 01
Bathroom-Tower, GB	1967 / 10	Freitragendes Gewächshaus, BRD	1964 / 05
Behälter, DDR	1976 / 03	Frits Bode Haus, NL	1960 / 04
Beweglicher Bungalow, Frankreich	1959 / 05	Führungsleitstand, BRD	1961 / 04
Biberach-Haus, BRD	1965 / 02	Fun-Centre, GB	1968 / 18
Boote, USA	1954 / 01	Fußgängerbrücke, BRD	1976 / 05
BP Tankstellengebäude, GB	1968 / 08	Fußgängerbrücke, GB	1973 / 05
British Railway Relay Rooms, GB	1961 / 02	Futura, NL	1970 / 05
Bulle Six Coques, Frankreich	1967 / 09	Futuro, Finnland	1968 / 05
Bulle Trois Coques, Frankreich	1966 / 01	Gemini Bungalow, NL	1972 / 02
Bürofassade, NL	1970 / 24	Geodätische Struktur, USA	1955 / 01
Bürohausfassade, NL	1977 / 04	Gewächshaus, GB	1957 / 04
Busbahnhofüberdachung, DDR	1966 / 09	Gewächshäuser, DDR	1960 / 07
Cadomus, Dänemark	1966 / 02	GFG-Zelle, USA	1970 / 18
Caravan für Dauergebrauch, Dänemark	1974 / 07	Guisco Touristenkabine, Italien	1967 / 05
Ceculle Polyvalente, Frankreich	1964 / 02	Habitat-Capsule, Japan	1970 / 22
CF 10, Finnland	1968 / 10	Habitation de loisir, Frankreich	1971 / 25
CF 100 / 200, Finnland	1972 / 05	Hallenkonstruktion, GB	1971 / 15
Charm el Sheik Bungalow, Israel	1967 / 06	Heckel Haus, Frankreich	1971 / 02
Chevrolet Corvette, USA	1953 / 01	Heli-Camp Mobilbauten, Singapor	1976 / 01
Clamp System, GB	1968 / 09	Henon An 2000, Frankreich	1968 / 06
Club de jeunes S.E.R.A., Frankreich	1967 / 01	Hexam Bungalow, Frankreich	1969 / 11
Convair Car	1947 / 01	HL Raumzellen, BRD	1970 / 09
Coulon Schein Kabine, Frankreich	1956 / 02	House Road, Belgien	1970 / 10
Coulon Schein Zellen, Frankreich	1957 / 02	Hühnerfarm, Österreich	1971 / 22
Dach Derriagh Garden Centre, Nordirland	1965 / 10	Hülser Kunststoffhaus, BRD	1961 / 05
Dach einer Grundschule, GB	1970 / 27	Idlu, Kanada	1974 / 03
Dach eines Marktes in Lezoux, Frankreich	1966 / 10	Informationsstand, BRD	1971 / 17
Dach in Texas, USA	1959 / 07	Instant House, Australien	1965 / 04
Dach über Sportstadt in Benghazi, Libyen	1968 / 24	ISV-Kunststoffstall, Ungarn	1973 / 08
Dachkonstruktion in Genua, Italien	1968 / 20	Italienischer Pavillon, Italien (Japan)	1970 / 23
Dachschalen für EFH Huster, BRD	1977 / 05	Kanadische Tankstelle, Kanada	1969 / 17
Dauerbivak am Dolent, Schweiz	1973 / 04	KB-Haus, NL	1970 / 01
Diamant 4, Belgien	1969 / 03	Keraplay, BRD	1974 / 12
Diogene Haus, Italien	1959 / 03	Kletterplastik, Schweiz	1974 / 13
Do-Bausystem, BRD	1970 / 13	Klimakammern der Schweizer Armee, Schweiz	1956 / 04
Dura Plex House, USA	1970 / 08	König-Baukasten, BRD	1970 / 16
Elementary School, Kanada	1971 / 21	Konstruktionssystem, Italien	1967 / 14

Kubanisches Kunststoffhaus, Kuba	1968 / 02	RP Dome, USA	1960 / 06
Kugelpavillons, BRD	1971 / 18	RW System, BRD	1970 / 12
Kuhstalle, Kanada	1954 / 03	Sabemo House, Australien	1972 / 07
Kunststoff-Kugelhaus, BRD	1960 / 02	Sahara Kabine, Frankreich	1956 / 03
Kuppeltragwerk, NL	1970 / 20	Samoa II, Frankreich	1970 / 15
L'Hexacube, Frankreich	1972 / 04	Scalloped Dome, USA	1960 / 05
Lagerhaus	1968 / 12	Schuh-Koch, Österreich	1971 / 23
Leisure Centre, GB	1974 / 02	Schweppes Tunnel, GB	1968 / 14
Leningrad Haus, UdSSR	1962 / 01	Schwimmbad Berchtesgaden, BRD	1967 / 11
Les Domobiles, Frankreich	1971 / 12	Schwimmbad in Aberdeen, GB	1969 / 13
Leuchtturm, BRD	1977 / 03	Schwimmbad, GB	1963 / 06
Loewy Zelle, Frankreich	1971 / 08	Schwimmbadüberdachung, GB	1968 / 17
Lozziwurm, Schweiz	1973 / 12	Schwimmbaden Losone, Schweiz	1956 / 08
M 314, NL	1971 / 05	Seilbahnstation, USA	1969 / 18
Maarssen Bungalow, NL	1961 / 03	Sekisui Kabine, Japan	1966 / 04
Mailänder Experimentalthaus, Italien	1962 / 02	Sheikha Badrieh Moschee, Kuwait	1971 / 24
Maison 12 E, Frankreich	1970 / 07	Ski lodge, Japan	1974 / 05
Maison par elements, Schweiz	1962 / 03	Smithson Plastic House, GB	1956 / 05
Marina Structures, USA	1964 / 08	Snia Viscosa System, Italien	1959 / 02
Maritchu Haus, Frankreich	1967 / 03	Space Shell, USA	1970 / 04
Markt in Argenteuil, Frankreich	1967 / 12	Sparoid, Belgien	1967 / 04
Markthalle Epinay-sur-Seine, Frankreich	1964 / 09	Sphere d'isolement, Frankreich	1971 / 14
Markthalle in Blois, Frankreich	1978 / 02	Spielelemente, DDR	1975 / 01
Markthalle in St. Ouen, Frankreich	1968 / 21	Spielgeräte, Frankreich	1973 / 14
Marktüberdachung Fresnes, Frankreich	1961 / 06	Spielplastik, Schweiz	1973 / 13
Marktüberdachung, NL	1968 / 23	Spitzbergen Iglu, BRD	1967 / 08
Mirolege, Algerien	1971 / 13	Sports Centre, GB	1974 / 01
Mobay Iglu, USA	1963 / 04	Stadiondach in Laval, Frankreich	1969 / 22
Mobile Anlage zur Schwefelgewinnung, Italien	1966 / 06	Stockbae, GB	1970 / 19
Modular Housing System, GB	1968 / 03	System CEPLI, Italien	1969 / 15
Mondial House, GB	1974 / 10	System Ponza, Italien	1971 / 03
Monohex, USA	1965 / 07	System Tensilarc, USA	1969 / 21
Monsanto House, USA	1957 / 01	Takara Pavillon, Japan	1970 / 21
Monsanto-Gewächshaus, USA	1953 / 02	Tankstellen, Belgien	1972 / 09
Montazni Kleinhaus, SSR	1966 / 03	Tetrodon, Frankreich	1971 / 01
Montazni Relaisstation, SSR	1965 / 05	Tournesol Schwimmhalle, Frankreich	1972 / 08
Montecatini Raumzelle, Italien	1957 / 03	Transformatorenhaus, Frankreich	1957 / 05
Moor Lido, Italien	1968 / 22	Transstar Villa, Australien	1969 / 08
Morpeth-Secondary School, GB	1973 / 11	Trigon, Schweiz	1969 / 01
Motel-Einheit, USA	1964 / 03	Tub Co., Frankreich	1969 / 07
Mujeres Ferienhaus, Mexiko	1968 / 07	Überdachung einer Abfüllstation, BRD	1969 / 19
My My Wohnkapsel, Japan	1977 / 02	Überdachung für Einkaufskomplex, GB	1969 / 16
Noa, Japan	1969 / 12	Überdachung für Fina Petrol Station, Frankreich	1970 / 26
Oberlicht der Kirche Maria Regina, BRD	1965 / 08	Überdachung Tankstelle Thun, Schweiz	1960 / 08
Oberlichter Großlichtkuppel, Schweiz	1956 / 06	Überdachung, Italien	1957 / 06
Oegema, NL	1972 / 03	Überdachung, USA	1958 / 02
Office Building, USA	1955 / 02	Uni Dome, BRD	1967 / 02
OGAMMA, Italien	1965 / 01	Unidome, GB	1962 / 04
Olivetti Training Centre, GB	1971 / 16	Union-Carport, BRD	1974 / 11
Organia Ferienhaus, Österreich	1971 / 10	Vanessa Radrave Nursery School, GB	1973 / 09
Pandorra 99, Japan	1970 / 11	Venturo, Finnland	1969 / 04
Pappeder 26, BRD	1971 / 07	Verandaplatten, USA	1951 / 01
Parkgarage in Stützkernbauweise, DDR	1961 / 07	Verkaufskiosk, GB	1964 / 04
Parkplatzüberdachung, USA	1958 / 03	Villa Spies, Schweden	1969 / 20
Passagierüberführung in Adrossan, GB	1973 / 06	Vorgefertigte Gartenschwimmbaden, BRD	1956 / 07
Patfoort-Housing-System, Griechenland	1977 / 01	Weiterentwicklung System fg 2000, BRD	1972 / 01
Pausenhofüberdachung, BRD	1967 / 13	Wellplatten, BRD	1954 / 04
Pavillon auf der Internationalen Handelsmesse	1966 / 07	Weltausstellung Brüssel, Belgien	1958 / 01
Pavillon für Gartencentre, Frankreich	1969 / 14	Wochenendhaus, BRD	1970 / 06
Pavillon in Vancouver, Kanada	1968 / 19	Wochenendhaus, Schweiz	1959 / 09
Pecolit, BRD	1971 / 09	Wohn Ei, Schweiz (Frankreich)	1964 / 01
Pförtnerhaus Delft, NL	1970 / 28	Yadokari Kunststoffzelle, Japan	1973 / 02
Philips Meßhalle, NL	1968 / 13		
Polar Work Sheds, Kanada	1970 / 12		
Polybiwak, Österreich	1971 / 06		
Polyeder, GB	1970 / 14		
Polyvilla I, Belgien	1960 / 03		
PPL Cabin, Kanada	1967 / 07		
Projekt: Futurhotel, NL	1966 / 05		
Prototyp eines Fertighauses, BRD	1959 / 01		
Radom, USA	1954 / 02		
Radome des RAF Fylingdales, USA (GB)	1963 / 05		
Rangier-Kabine für Brit. Railways, GB	1963 / 01		
Raststätte Pratteln, Schweiz	1978 / 01		
Räumliche Strukturen, Italien	1965 / 06		
Rheinkraftwerk Sädingen, Schweiz	1965 / 09		
Riba, BRD	1969 / 06		
Röhrenhaus, Dutler, Schweiz	1969 / 10		
Rondo, Schweiz	1969 / 09		

1. Phase 1942 bis 1959

Convair Car	1947 / 01
Verandaplatten, USA	1951 / 01
Chevrolet Corvette, USA	1953 / 01
Monsanto-Gewächshaus, USA	1953 / 02
Boote, USA	1954 / 01
Radom, USA	1954 / 02
Kuhställe, Kanada	1954 / 03
Wellplatten, BRD	1954 / 04
Geodätische Struktur, USA	1955 / 01
Office Building, USA	1955 / 02
Französisches Schneckenhaus, Frankreich	1956 / 01
Coulon Schein Kabine, Frankreich	1956 / 02
Sahara Kabine, Frankreich	1956 / 03
Klimakammern der Schweizer Armee, Schweiz	1956 / 04
Smithson Plastic House, GB	1956 / 05
Oberlichter Großlichtkuppel, Schweiz	1956 / 06
Vorgefertigte Gartenschwimmbecken, BRD	1956 / 07
Schwimmbecken Losone, Schweiz	1956 / 08
Monsanto House, USA	1957 / 01
Coulon Schein Zellen, Frankreich	1957 / 02
Montecatini Raumzelle, Italien	1957 / 03
Gewächshaus, GB	1957 / 04
Transformatorenhäuser, Frankreich	1957 / 05
Überdachung, Italien	1957 / 06
Weltausstellung Brüssel, Belgien	1958 / 01
Überdachung, USA	1958 / 02
Parkplatzüberdachung, USA	1958 / 03
Prototyp eines Fertighauses, BRD	1959 / 01
Snia Viscosa System, Italien	1959 / 02
Diogene Haus, Italien	1959 / 03
Expeditionshaus, Frankreich	1959 / 04
Beweglicher Bungalow, Frankreich	1959 / 05
Elementary School, USA	1959 / 06
Dach in Texas, USA	1959 / 07
Amerikanischer Ausstellungspavillon, USA (UdSSR)	1959 / 08
Wochenendhaus, Schweiz	1959 / 09

Nutzung	Nutzungsart	Serienproduktion durch identische Teile	einm. Ausführung	Serie der Bauten
Wohnhaus	4	4	3	1
Zweithaus Schutzhaus_ Raumzelle	7	3	5	-
Gebäudehülle	7	6	2	3
Ausstellung	3	2	3	-
Fassade	1	1	-	1
Überdachung	8	8	4	3
Spielgerät	2	1	1	1
Summe	32	25	19	9

1947 / 01

Convair Car Modell 118, USA



Entwicklung: Theodore P. Hall, Strother MacMinn, Charles Gerry, Henry Dreyfuss
Herst.: Consolidated Vultee Aircraft Co.
Auto für 4 Personen mit GFK-Gehäuse, aerodynamisch geformt, mit aufsetzbarem Flugzeug,
Auto: 90 miles/hour, 26,5 PS; Flugzeug: 190 PS Lycoming aircraft engine
3 mal hergestellt

- Flinchum, Russel: Henry Dreyfuss. New York, Rizzoli International Publications, 1997



1951 / 01

Verandaplatten aus GFK, USA

Wellplatten der Fa. Corrolux Corp., Honston, Texas

- In *Modern Plastics* April (1951) und In: *Kunststoffe* (1951)

1953 / 01

Chevrolet Corvette, USA

erste kommerziell vertriebene Karosserie in GFK

Herst.: General Motors
industriell produziert



- Sonneborn, Ralph H.: *Fiberglas Reinforced Plastics*. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1954, S. xii

1953 / 02

Monsanto- Gewächshaus, USA

Entwicklung: Monsanto Chemical Company
Grundriß 7,50 x 5,0 m

Gebäudehülle

- In: *Plastic Industrie* Heft Oktober (1953), S. 27

1954 / 01

Boote, USA

Herst.: Winner Mfg.

kleine Boote werden im Injektionsverfahren produziert



- Sonneborn, Ralph H.: *Fiberglas Reinforced Plastics*. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1954, S. 71

1954 / 02

Radom, USA

geodätische Kuppel
Gebäudehülle

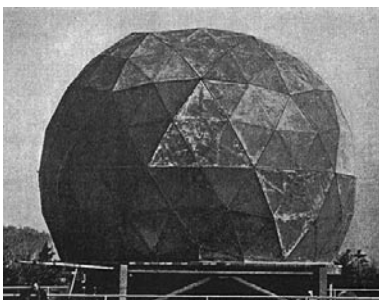
als Radarhülle auf Mt. Washington

Entw.: Buckminster Fuller

ca. 11 m Durchmesser

aus dreieckigen GFK-Platten,

mattenverstärkte Flächen mit gewerbeverstärkten Flanschen, transluzent



- Dietz, Albert G.H.: Better Buildings ... with Plastics. In: *Modern Plastics* Heft Februar (1955), S. 90

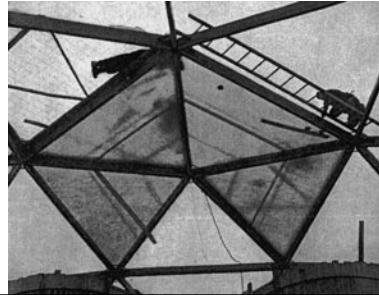
Kuhstall, Canada
in der Nähe von Montreal, Quebec

1954 / 03

Arch.: Jeffrey Lindsay and Ass., Montreal,
Direktor der Canadian Div. der Fuller Research Foundation
Bauherr: Dr. John Hackney
Herst.: Polyfiber Ltd., Renfrew, Ontario, Kanada
als geodätische Struktur mit Holztragwerk
25,5 m Durchmesser, 9,90 m Höhe
76 dreieckige transluzente GFK-Platten über einem Phenol-getränkten Holzrahmen

geodätische Kuppel
Gebäudehülle

- Tomorrow's Barn. In: *Modern Plastics* Heft Februar (1955), S. 92-93, 217



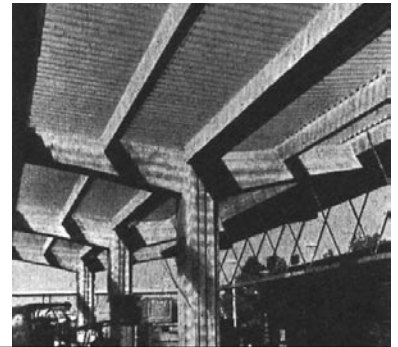
Wellplatten, BRD

1954 / 04

Anwendungsbeispiele als Überdachung und Lichtbänder
Herst.: Fa. Röhm und Haas GmbH Darmstadt

Überdachung

- Saechtling, Irene: Kunststoffe im Bauwesen. In: *Kunststoffe* Heft 6 (1954), S. 241-242



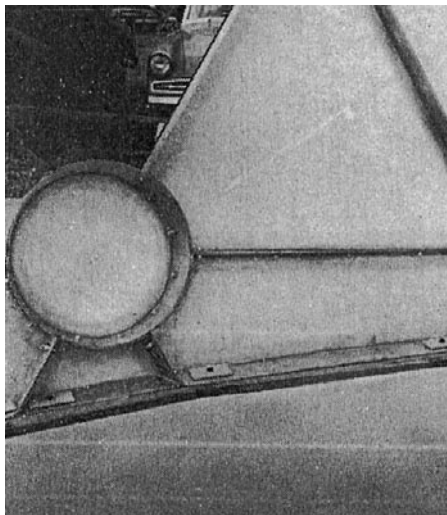
Geodätische Struktur, USA

1955 / 01

Entwurf: Buckminster Fuller mit Fitzgibbon und R. Doernach
Herst.: Geodesic Inc., Universal Molded Products Corp., Bristol, Virginia, Lunn Laminates, Inc.,
vollständig aus GFK, Vakuumverfahren
als transportable Schutzhütte für Militär entwickelt
Durchmesser 16,80 m, Höhe 11,70 m, insg. 6 t
aus 361 Einzelteilen, 3 verschiedene Formen
Verbindung an Flanschen durch Aluminiumbolzen mit Gegenmuttern

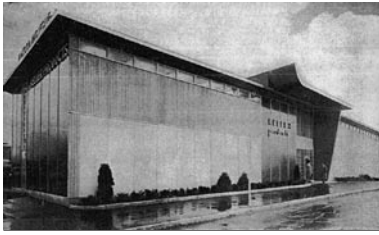
geodätische Kuppel
Gebäudehülle

- The BIGGEST Thing in Plastics. In: *Modern Plastics* Oktober (1955), S. 98-99, 222
- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 23



1955 / 02

Platten
Fassade



Office Building, USA

Herst.: Keller Products
Erdgeschoßwände GFK mit Aluminiumrahmen
Obergeschoßwände des 2-geschossigen Bürogebäudes als GFK-Sandwichplatten

- Dietz, Albert G.H.: Better Buildings ... with Plastics. In: *Modern Plastics* Heft Februar (1955), S. 86

1956 / 01

Wohnhaus

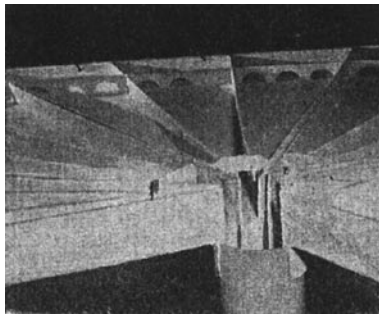


Französisches Schneckenhaus, Frankreich

Arch.: Ionel Schein
Beratender Arch.: R. Coulon
Ing.: Y. Magnant
Innenausbau: A. Richard, Sanitärblock: H. de Looze,
Herstellung: R. Camus und Cie., hauptsächlich beteiligt an Bau und Ausstattung: Charbonnages de France und Houillères du Nord, Handauflegeverfahren in provisorischen Holzformen
- für Frühjahrsausstellung: Exposition des Arts Ménagers in Paris (Salon der Haushaltskünste), danach weitere Ausstellung Herbst 1956 in Den Haag auf der Damesbeurs van de Dameskroniek
- Sandwich aus Papierwabenplatten und GFK-Deckschichten und GFK-Trägern,
Innenausbau GFK, modellierte Einbaumöbel
90 m² Grundfläche, Durchmesser des Kerns 4 m, t = 30 mm
8 t Gewicht, etwa der 15. Teil eines konventionellen Hauses
Prototyp

Abb. mitte: die Dachelemente werden in die zentrale Säule, die gleichzeitig als Ablaufrohr dient, eingehängt

Abb. unten: Transport der GFK-Skelettelemente als Teile eines Achteckkreises

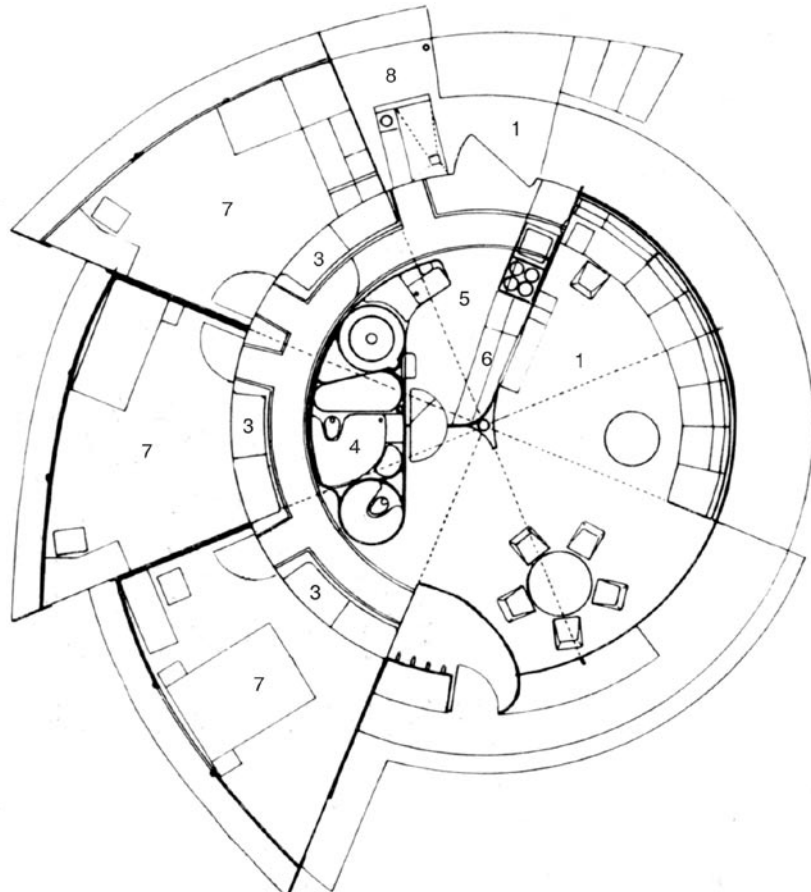


- Schein, Ionel: Ganz-Plastik-Haus auf der Ausstellung Arts Ménagers 1956 in Paris.

In: *Bauen + Wohnen* Heft 2 (1957), S. 57-59

- Schein, Ionel: Wohnhaus. In: *Bauen + Wohnen* Heft 7 (1959), S. 236-239

Grundriß



zu Grundriß:

1 Wohnzimmer

2 Korridor

3 Einbauschränke

4 Sanitärblock mit Badewanne, Spülbecken, Waschbecken, Nebenräumen für WC und Dusche

5 Küche aus Blockelementen

6 Küchenwand-Monoblock, 4 m lang

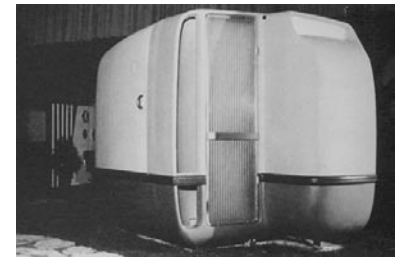
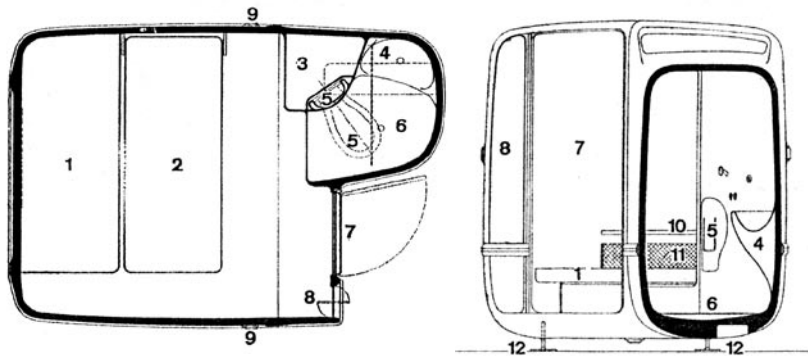
7 Schlafzimmer

8 Heizblock, beweglich auf Rädern, liefert die in Deckenkanälen über dem Korridor zirkulierende Warmluft

mobile Hotelkabine, zur zeitweiligen Ergänzung der Hotelbetten in der Saisonhotellerie
Arch./Ing.: R. Coulon, I. Schein, Y. Magnant im Centre d'étude du bâtiment pour l'utilisation des
matières de synthèse (CEBUMS.) in Boulogne-Billancourt
Herst.: CEBUMS.

7 m² Grundfläche, angeformte Einrichtung
ovale geschlossene Schalenkonstruktion, reihbar
GFK – GFK-Rippen – GFK, insg. 5 cm
700 kg insg.
mehrfache Ausführung, aber nicht in Serie produziert

- Schein, Ionel: Ganz-Plastik-Haus auf der Ausstellung Arts Ménagers 1956 in Paris.
In: *Bauen + Wohnen* Heft 2 (1957), S. 57-59



Grundriß/Schnitt:

- 1 fest eingebautes Bett
- 2 Klappbett
- 3 Einbauschrank, darüber Ventilationsöffnung und Heizung
- 4 angeformtes Waschbecken
- 5 in die Wand klappbares Spülbecken
- 6 Dusche mit Bodenablauf
- 7 Eingangstür
- 8 Drehfenster
- 9 Transportring
- 10 Klappstisch unter Klappbett
- 11 Wandnetz für Utensilien
- 12 Stellschrauben als verstellbare Füße

Sahara Kabine, Frankreich

1956 / 03

Forschungsstation
Herst.: Société Spair a Douai
3,00 m x 2,35 m x 3,49 m
10,5 m² Grundfläche
GFK – PVC-Hartschaum – GFK, mit Metallkantenverstärkung
Prototyp

Platten
Raumzelle

- projets et réalisations. In: *technique & Architecture* 20. Serie Nr. 1 Dezember (1959), S. 96



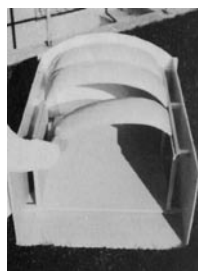
Klimakammern der Schweizer Armee, Schweiz

1956 / 04

Entwicklung: Heinz Isler
Herst.: Hartmann, Fehralt Dorf, im Spritzverfahren
doppelt gekrümmte Schalen aus GFK als dampfdichte Klimahülle in Felskavernen
Länge: 6 bis 9 m, t = 1,5 mm
Transport per Hand zur Aufbaustelle

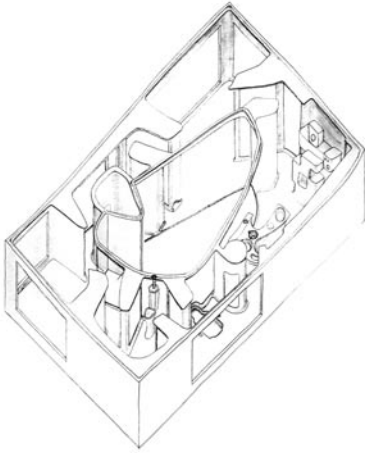
Schale
Gebäudehülle

- Isler, Heinz: Kunststoffe für tragende Bauteile - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: 1975, *Schriftenreihe*, S. 4, 15
- Isler, Heinz: *Newer Structures in Plastic Materials*. Burgdorf: 1984, unv. Archivmaterial

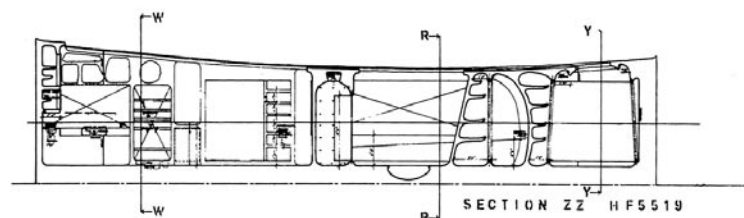
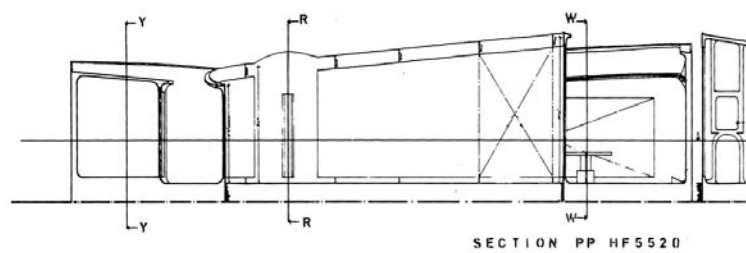
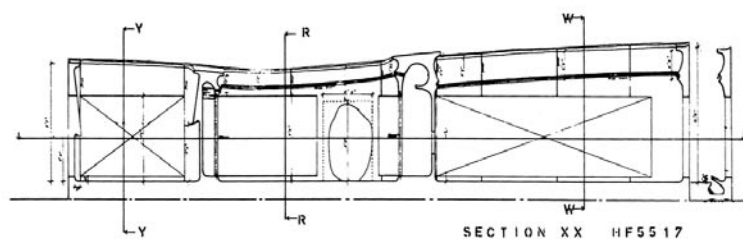
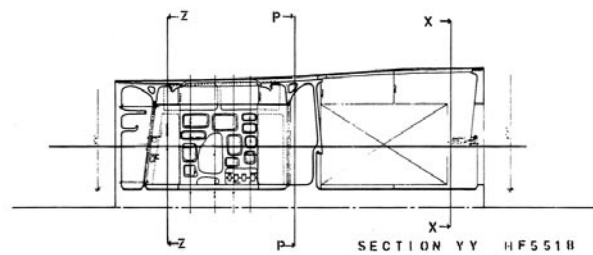
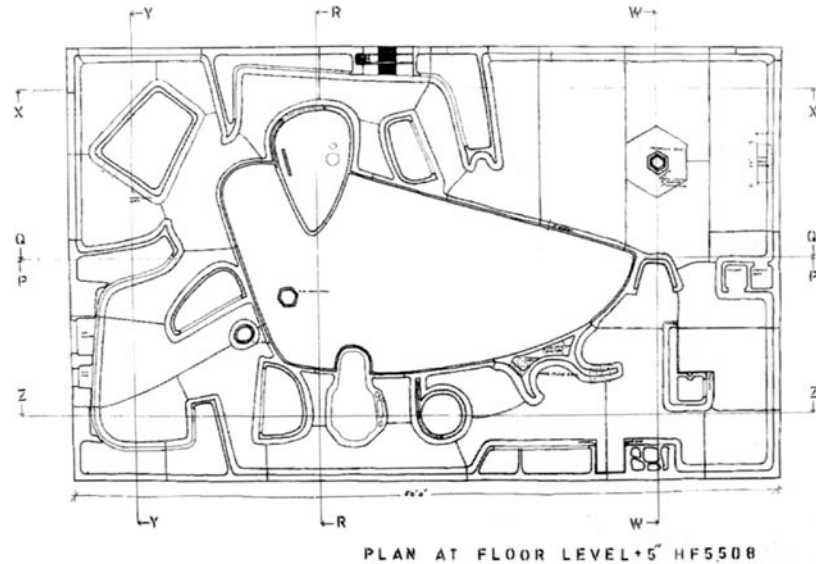


Smithson Plastic House, GB

Design: Peter und Alison Smithson
 für Ausstellung Ideal Home Exhibition, London, organisiert von Zeitung Daily Mail
 modellhafte GFK-Haus, als Designidee für Leben der Zukunft 1980,
 ineinander fließende Raumgruppen um zentralen Innenhof
 Wände und Inneneinrichtung GFK
 einzige bewegliche Gegenstände sind die unterschiedlichen Stühle



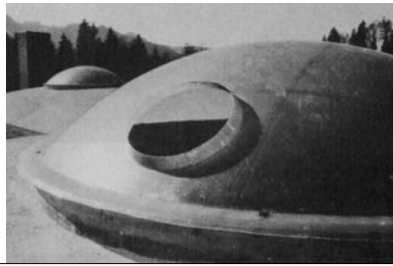
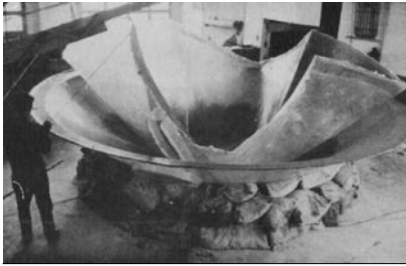
- Galfetti, Gustav Gili: *Model Apartments*. Barcelona : Eigenverlag, 1997, S. 20-23



Entw.: Heinz Isler
 Herst.: Bösiger + Partner AG, Bauunternehmung,
 Handlaminierverfahren
 $d = 5 \text{ bis } 8 \text{ m}$, $t = 3,5 \text{ mm}$
 $d \text{ max. } 5 \text{ m}$ für Straßentransport in einem Stück,
 größere in zerlegbaren Formen an der Baustelle gegossen
 bis heute in Serie produziert

Schale
 Überdachung

- Isler, Heinz: Tragende Bauteile aus Kunststoff: Anwendungsbeispiele. In: *Schweizer Bauzeitung*, Sonderdruck Heft 3 (1977), S. 1-2
- Isler, Heinz: Kunststoffe für tragende Bauteile - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: 1975, - *Schriftenreihe*, S. 3, 11-13



vorgefertigte Gartenschwimmbecken, BRD

1956 / 07

4,50 m x 9,0 m x 0,90 m
 bestehend aus 4 Teilen
 Preis: halbe Kosten wie Metallbecken

Schale
 Spielgerät

- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 448
- Schwabe, Amtor; Saechtling: *Bauen mit Kunststoffen*, Ullstein Fachverlag, 1959



Schwimmbaden Losone, Schweiz

1956 / 08

Entw.: Heinz Isler
 Bauherr: Herr Glaus, Hotel Losone, Tessin
 vor Ort hergestellt auf mit Mörtel verfestigten Sandschicht
 Voraussetzung: wasserfreier Boden, Wasser ganze Jahr im Bassin, ansonsten Frostschäden, keine Eisdecke im Winter
 Maße: ca. 20 m x 10 m eingefärbter GFK, $t = 4 \text{ mm}$ nach Sanierung $t = 8 \text{ mm}$
 gelb eingefärbte Stufen, eingegossener Streusand gegen Ausgleiten
 hinter transparenter Wand eingebaute Lampen, siehe Abb. unten Rechts
 zwei Becken realisiert, existent

Schale
 Spielgerät



- Polónyi, Stefan: *Schalen in Beton und Kunststoff*. Wiesbaden und Berlin: Bauverlag, 1970, S. 128
- Isler, Heinz: Kunststoffe für tragende Bauteile - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: 1975, - *Schriftenreihe*, S. 4, 15

Platten
Wohnhaus



Monsanto House, "House of the Future", USA

Arch.: R.W. Hamilton, M. Goody

Ing.: Dietz, McGarry, Heger des Massachusetts Institute of Technology (MIT), Monsanto Chemical Comp.

Design Küche, Bad: Henry Dreyfuss

Herst.: Monsanto Chemical Comp., Springfield

Standort: Tomorrowland in Disneyland, California

insg. 120 m² Grundfläche, Innenhöhe mind. 2,70 m,

Wohnhaus aus vorgefertigten, schalenförmig gekrümmten Sandwich-Elementen für Serienfertigung, die Hohlkastenträger bilden

Außenschalen und Innenwände = 100 mm,

GFK Außenhaut und Papierwaben- und PUR-Schaumkern, GFK Badezelle

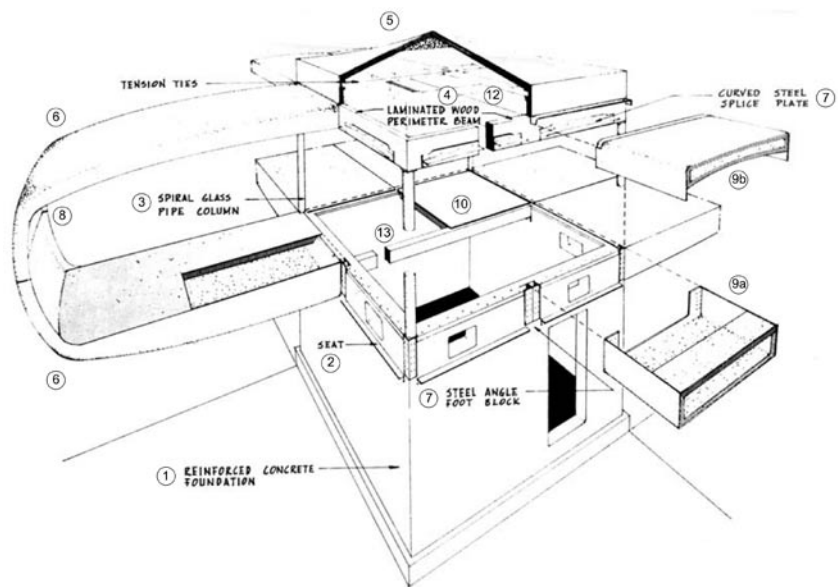
einmalige Ausführung, Abbruch 1967

- Monsanto-Haus. In: *Bauen + Wohnen*, Heft 7 (1959), S. 240-242 (Foto)

- Dietz, A.G.H.; Heger, F.J.; McGarry, F.J.; Whittier M.R.P.; Gigliotti, M.F. u.a.:

Final Report - Engineering Analysis and Structural Design of the Monsanto House of the Future. MIT Engineering Department and Monsanto Chemical Company, Plastics Division : 1957

- Monsanto Chemical Company, Monsanto Magazin March 1968. In: IBK Bibliothek, Sammlung SL 1121. Ludwigshafen, 2004, - *Archivmaterial*



Axonometrie:

1 Basis, der Keller aus Stahlbeton

2 Druckring, mit Öffnungen für

Luftzirkulation der Klimaanlage

3 Stützen für Decke und Dach, GFK

4 Zugring aus BSH-Trägern

5 Dach aus 4 hyperbolischen Flächen, GFK

6 identische Dach- und Bodenschale der

Hausflügel

7 Verbindungspunkte Flügel Druck- oder

Zugring

8 Bolzen

9 innerer Raumabschluß

9a Bodensandwich

9b Deckenschale, ein gekrümmtes Sandwich

10 Fußboden im Zentralbereich

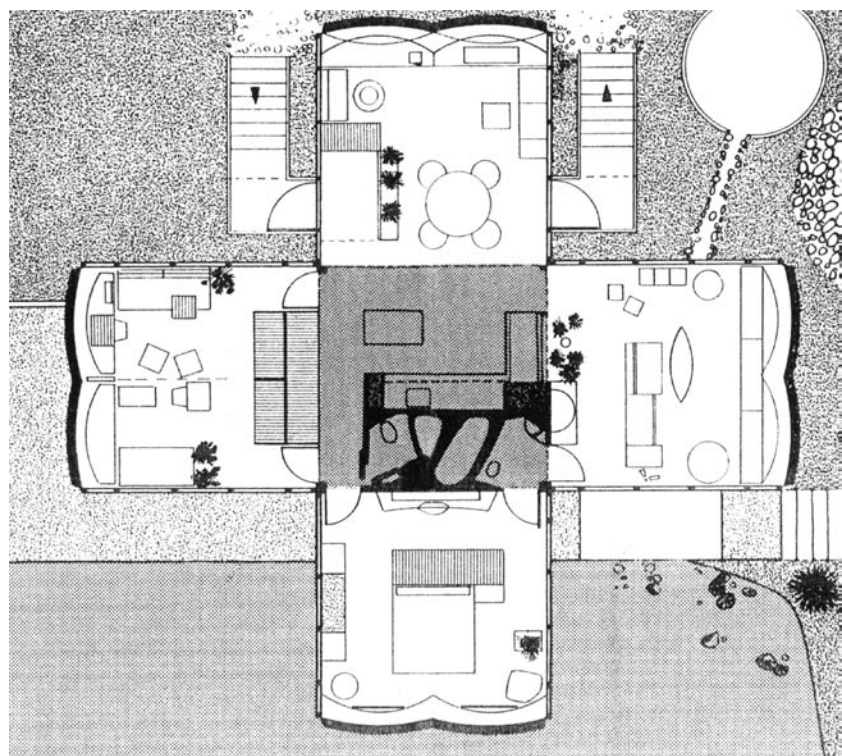
11 Decke im Zentralbereich, 2 Sandwichs

12 BSH-Trägerrost zur Aussteifung des

Druckringes

13 BSH-Trägerrost zur Aussteifung des

Zugringes



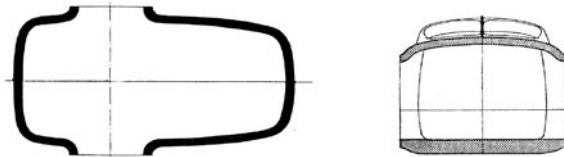
Coulon Schein Zellen, Frankreich

Arch./Ing.: R. Coulon, I. Schein, Y. Magnant als CEMUS.

Herst.: CEMUS.

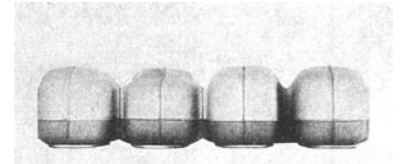
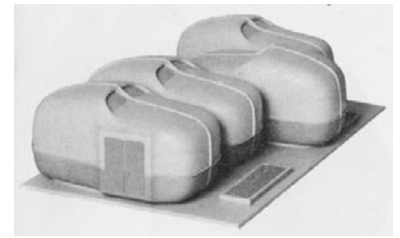
Weiterentwicklung der Hotelkabine [1956/02] zu Bibliothek für Wanderausstellung
 Prototyp in Rezeption des Büros der Caisse des Depots in Arcueil, bei Paris
 ovale geschlossene Schalenkonstruktion aus 4 Teilen zusammengesetzt und verklebt
 GFK – GFK-Rippen – GFK
 5 mm Materialdicke, insg. 25 cm Wandaufbau, 8 kg/m²
 Oberlichter

- Schein, Ionel: Aspekte eines neuen Kunststoffes. In: *Bauen + Wohnen* Heft 7 (1959), S. 232
- projets et réalisations. In: *technique & Architecture* Nr. 1 Dezember (1959), S. 92
- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 48-49



1957 / 02

Raumzelle



Montecatini Raumzelle, Italien

Arch.: Dr. Cesare Pea, Mailand

4-eckige, im Raster addierbare Einheit

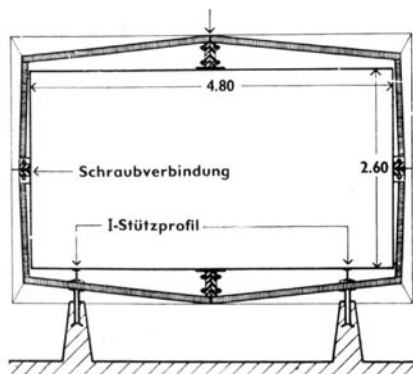
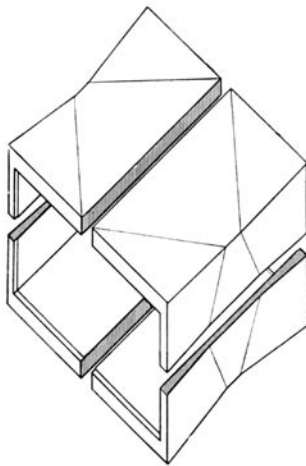
23 m² Grundfläche

Fassadenelemente können auch separat für mehrgeschossigen Wohnungsbau genutzt werden

GFK – Papierwabe – GFK

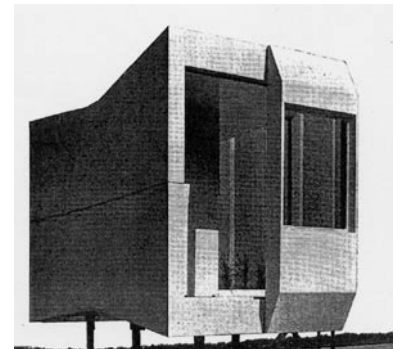
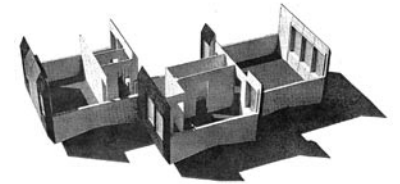
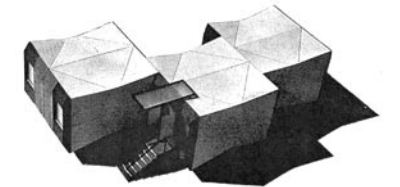
Prototyp

- Pea, Cesare: Cellule préfabriquée en matière plastique. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Heft Nr. 78 Juni (1958), S. 86-87



1957 / 03

Raumzelle

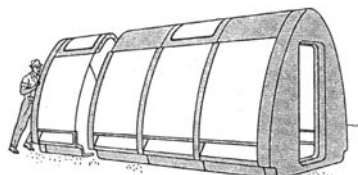


Gewächshaus, GB

Herst.: British Industrial Plastics

GFK-Stege mit Plexiglas Ausfuchung,
 erweiterbar, mobil, einfach aufzustellen

- Schein, Ionel: recherches. In: *technique & Architecture* Nr. 6 Januar (1958), S. 81



1957 / 04

Stege
 Gebäudehülle



1957 / 05

Schale
Gebäudehülle



Transformatorenhaus, Frankreich

in Fresnes
Arch.: Piotr Kowalski, P. Muel, M. Genier
Bauherr: Französische Elektrizitätsgesellschaft
GFK-Hülle über Metallgerüst
Gummi-Schalung, Verformung während des Handauflegens

- Ragon, Michel: Ästhetik der zeitgenössischen Architektur. Éditions du Griffon, Neuchatel - Schweiz, 1968, S. 31

1957 / 06

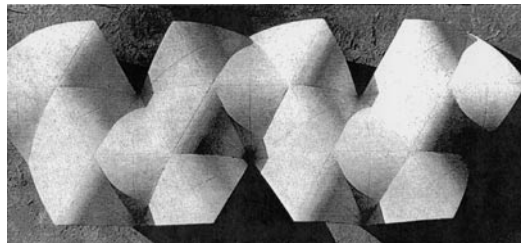
Schale
Überdachung



Überdachung, Italien

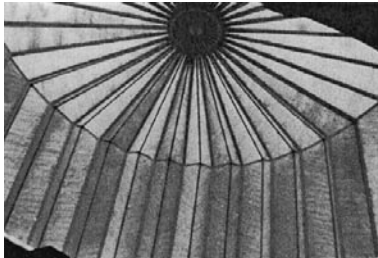
Arch.: Roberto Menghi
addierbare Schalenkonstruktion,
transluzente GFK-Konstruktion mit Honeycomb-Papier Verstärkung
2 Schalen wurden hergestellt und auf Mailänder Triennale 1957 ausgestellt

- Pavillon à la XI Triennale de Milan. In: *technique & Architecture*, Nr. 1, Dezember (1959), S. 114



1958 / 01

Platten
Ausstellung

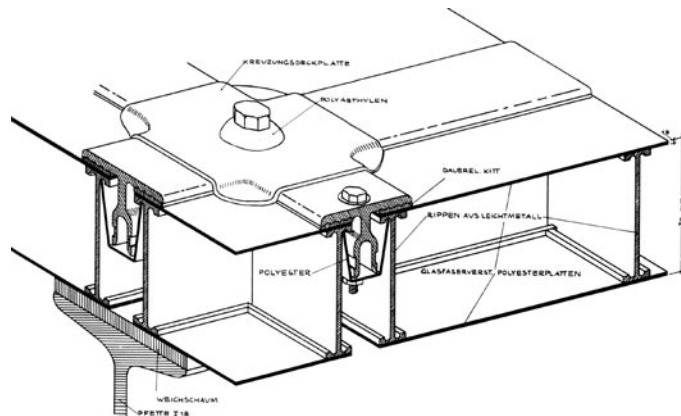
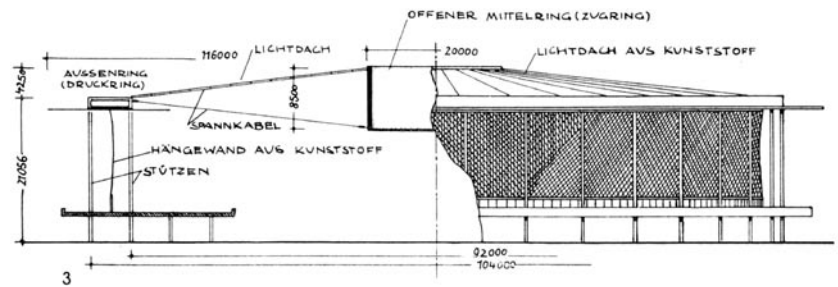
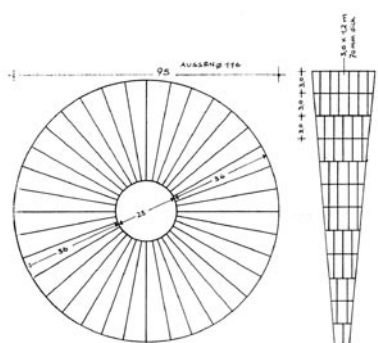


Weltausstellung Brüssel, Belgien

- gewellte Außenplatten aus GFK, Acrylplatten, farbige Kunststoffplatten;
- gekrümmte Plexiglasfenster des Atomiums
- Pavillon des Solvay-Konzerns: Sandwich aus GFK-Deckplatten und Papierwaben 45 mm, Sandwich aus GFK Deckschicht und Polyesterwaben 60 mm, insg. 12 m Durchmesser und 9 m Höhe (Abb. links)
- USA-Pavillon: lichtdurchlässiges Hängedach mit Tragkonstruktion aus 2052 aufgelegten Glasfaser-Polyester-Bauelementen, 3,0 m x 1,2 m groß und 70 mm dick, mit Spezialklebemitteln in den Fugen verdichtet (Abb. unten)

- Schwabe, Amtor: Kunststoffe auf der Brüsseler Weltausstellung. In: *Architekt + Ingenieur*, Heft Mai (1958), S.V119-V123

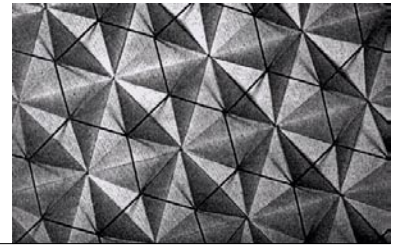
- Schwabe, Amtor; Saechting, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. Ullstein Fachverlag, 1959, S. 382 - 383



Entw.: J. L. Passonneau der University Washington (St.-Louis)
starres Dachmodell, dreieckige Elemente $t = 6 \text{ mm}$, in dreidimensionaler Struktur mit metallischen Spannstücken, bis zu 20 m Spannweite ohne Zwischenunterstützung

Raumtragwerk
Überdachung

- Lopez, R.: murs translucides en polyester stratifié. In *technique & Architecture*
Nr. 6 Januar (1958), S. 96



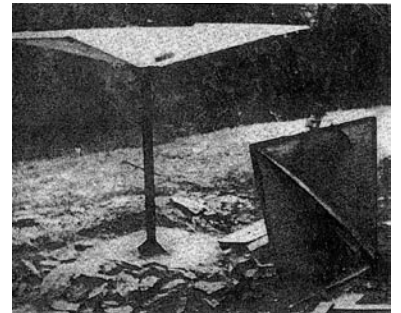
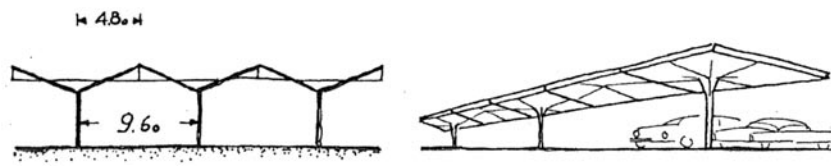
Parkplatzüberdachung, USA

1958 / 03

Entwurf: D. Colucci, R. Hermes
hyperbolische Paraboloid, transluzent
2,40 m x 2,40 m, jeweils 4 zusammengesetzt,
Abstände von 9,60 m erreichbar, indem man umgekehrt gekrümmte Gruppe dazwischensetzt

Pilze
Überdachung

- Lopez, R.: murs translucides en polyester stratifié. In *technique & Architecture*
Nr. 6 Januar (1958), S. 96



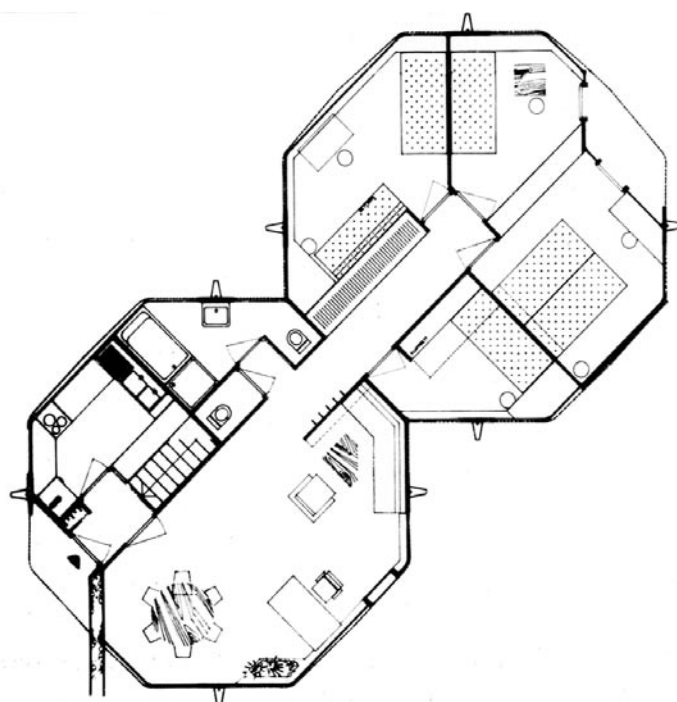
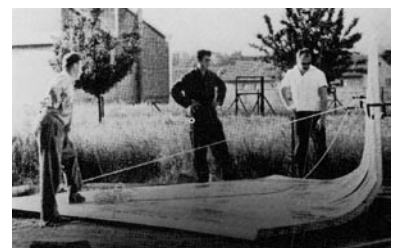
Prototyp eines Fertighauses, BRD

1959 / 01

Arch.: Rudolf Doernach, Stuttgart
Herst.: Rudolf Doernach
erstes bewohntes (4 Jahre) Kunststoffhaus Deutschlands
mit Modulen von 45 m² in Sandwichbauweise
insg. 70 mm, Platten vor Ort gekrümmt
mit gleichem Kernmaterial (PUR) und versch. Deckmaterial z.B. verstärktes Epoxy, Polyester,
Aluminium, Stahl
Prototyp

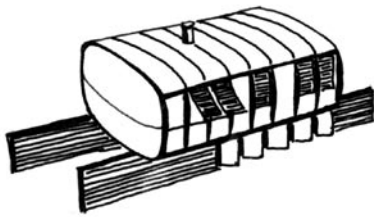
Platten
Wohnhaus

- Doernach, Rudolf: Großbauteile für den Hausbau aus Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Band 50 Heft 6
(1960), S. 355-356



1959 / 02

Platten
Wohnhaus



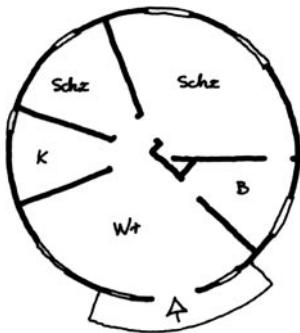
Snia Viscosa System, Italien

für Standort Varedo
Arch./Ing. Bertolotti,
Herst.: Snia Viscosa, Mailand + Cadaut Plastic, Turin
140 m² Grundfläche, n x 8 m²
gewölbte Sandwich-Schalen mit Randversteifung aus Stahl
Hartschaum – GFK, Handelsname Resiform
mehrmalige Ausführung

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt: 59/06

1959 / 03

Platten
Zweithaus / Schutzhaus



Diogene Haus, Italien

Arch./Ing.: A. Beltrano, A. Zorzoli
Herst.: Diogene SAS, Turin
Ausstellung Rom
60 m² Kreisgrundriß, 7,50 m Durchmesser, 12° geneigtes Dach
selbsttragende gebogene Wandbauelemente und ebene Dachplatten:
10 cm Polystyrol-Schaum mit Deckschichten und Rippen aus GFK
Versteifung durch 9 vertikale Stahlrohre, durch radiale Rohre verbunden, zwei waagerechte Stahlkabel

- Saechtling, Hansjürgen: Italienisches Rundhaus von 7,5 m Dmr.. In: *Kunststoffe Heft 2* (1961), S. 110
- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt: 59/01

1959 / 04

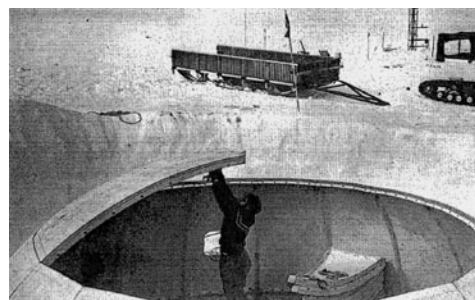
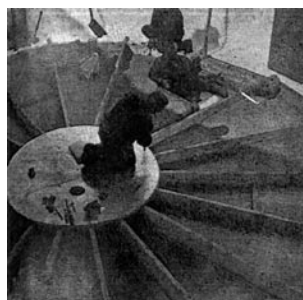
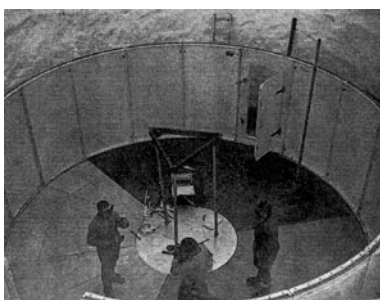
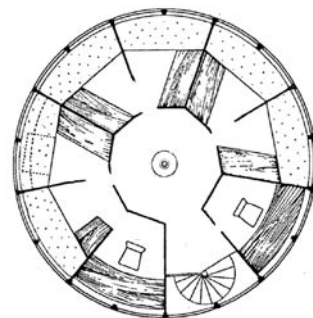
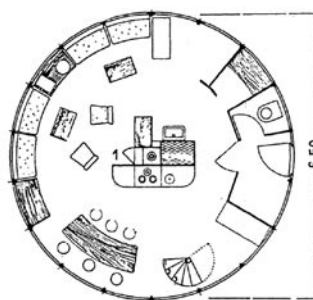
Schale
Zweithaus / Schutzhaus



Expeditionshaus, Polar Iglu, Frankreich

Forschungsstation Grönland
Entwurf: Techn. Kommission des Syndikats für verstärkte Kunststoffe
Ing.: V. Bodanski, Ing. Cécil de l'Avionautique, ATBAT – techn. Büro
Herst.: Sud-Aviation-France
2 x 33 m², 2-geschossig, unten zylindrisch mit 6,6 m Durchmesser (h= 2,20 m),
oben Halbkugel (h= 3,30 m), Zwischendecke mit Metallverstärkung
GFK – Hart-PVC-Schaum – GFK / 3 mm – 50 mm – 3 mm
Verbindung: Spannschlösser für zügigen Aufbau von Forschungspersonal
einmalige Ausführung

- projets et réalisations. In: *technique & Architecture*, Nr. 1, Dezember (1959), S. 117, 118
- Duflos, J.: Der Einsatz glasfaserverstärkter Kunststoffe in Frankreich. In: *Kunststoffe Heft 12* (1961), S. 782-783



für max. 2 Personen

Entw.: S.P.A.I.R.

im Winter an Skiplätzen und Sommer an Küste aufstellbar

per LKW transportierbar

Sandwich-Bauweise mit Polyurethan-Hartschaumkern

- Duflos, J.: Der Einsatz glasfaserverstärkter Kunststoffe in Frankreich. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1961), S. 782-783

- Bodiansky, V.: Igloo. In: *techniques & Architecture* Serie 19, Heft 4 (1959) S. 19



Raumzelle

Elementary School (Volksschule), USA

1959 / 06

Arch.: Marvin Goody, F.J. Heger, C.Y. Yang, J. Schiffer,
Massachusetts Institute of Technology (MIT)

Ing.: L. Contini, D. Mahaney, R. Whittier, M. Gigliotti

GFK-Pilze, hyperbolische Paraboloidplatten, 2,4 m x 2,4 m, Pilze dann 4,8 x 4,8 m mit

Kantenverstärkung aus Stahl

Oberlichter Pilzkonstruktion, GFK-Platten mit Honeycomb-Kern, gleiche Abmaße

GFK – Schaumkern – GFK

1,5 mm – 25 mm – 1,5 mm

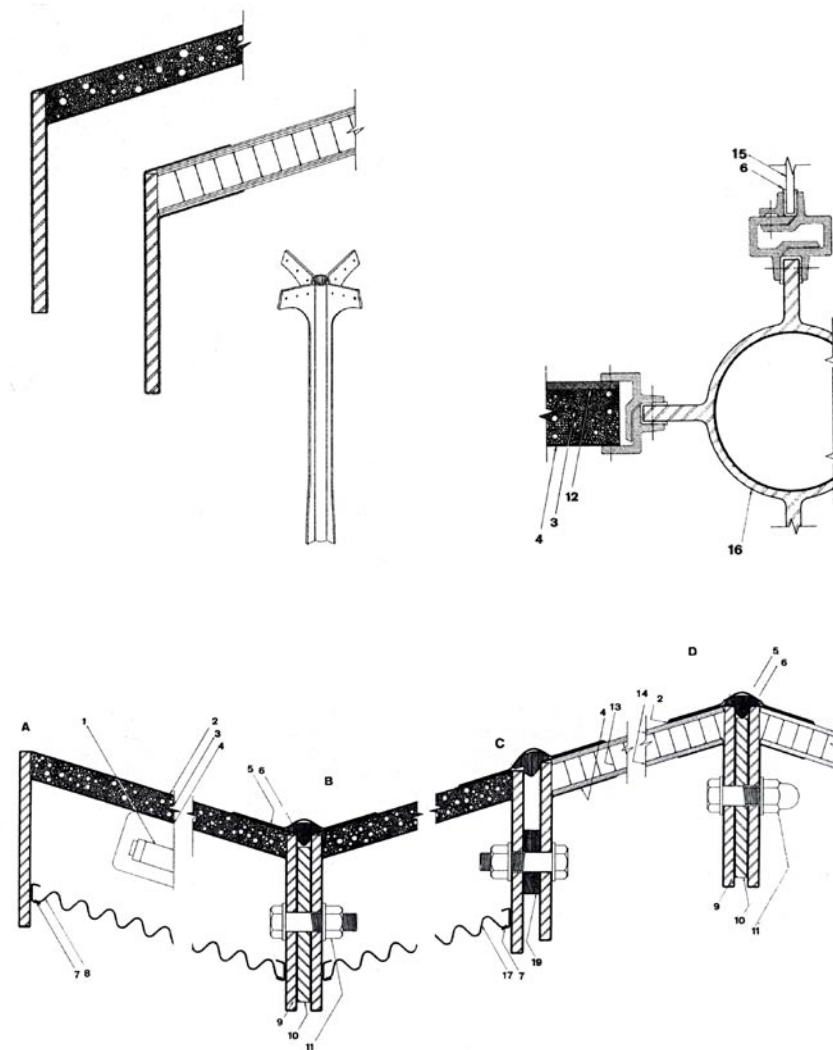
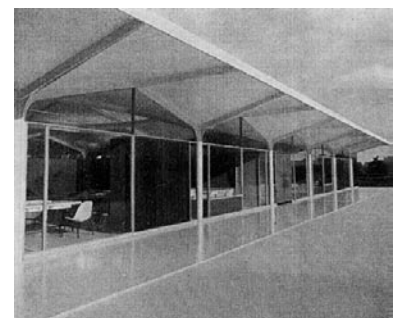
Prototyp, nicht mehr existent

Überdachung

Gigliotti, Michael; Goody, Marvin; Heger, Frank; u.a.: Sandwichplatten aus Kunststoff.

In: *Bauen + Wohnen* Heft 10 (1961), S. 384-391

- Structures. San Francisco: *World Conference on Shell Structures*. 1962, S. 140-141

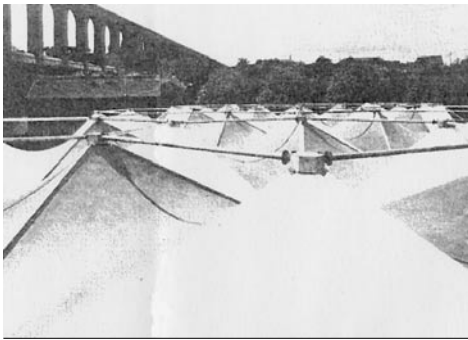
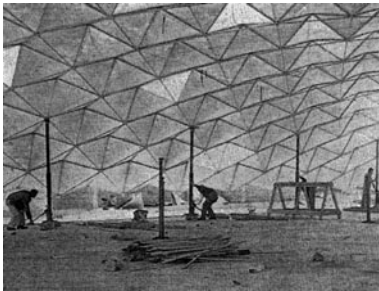


A Dachfuß, B Verbindung von 2 hp-Schalen, C Verbindung eines Schirms mit dem Dachoberlicht,
D Verbindung von zwei Dachoberlichtplatten

- 1 Fluoreszenzröhre
- 2 mit Glasfasern verstärkte Polyestererschicht
- 3 Schaumkern aus Polystyrol
- 4 GFK, feuerhemmend
- 5 elastische Vinylabdeckung
- 6 elastische Dichtung aus Neoprene
- 7 Plastikprofil
- 8 Akustikdecke
- 9 Stahlblechrahmen mit Stahlkern
- 10 auf Rohrstütze aufgeschweißte Stahlstege
- 11 Stützen und Deckenplatten, verschraubt
- 12 Platte als Ansteckbrett oder Wandtafel
- 13 Wabenkern aus Aluminiumfolien
- 14 lichtdurchlässige Acrylplatte
- 15 Sicherheitsglas
- 16 Rohrstütze, die zugleich als Ablaufrohr dient
- 19 Distanzhalter

1959 / 07

Gebäudehülle



Dach in Texas, USA

Fabrik in Fort Worth

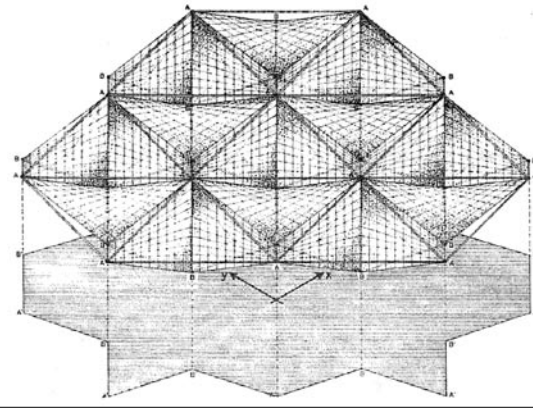
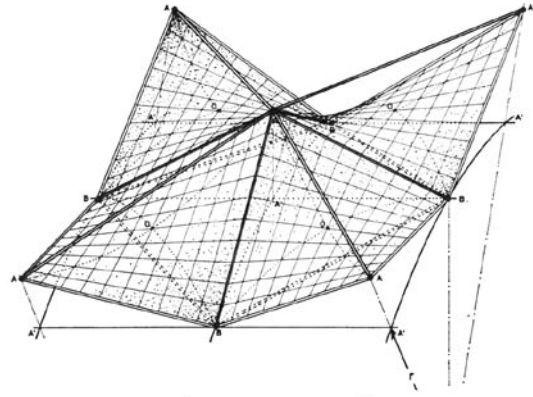
Entw.: William R. Orr

Herst.: Firma Structural Plastics Inc.

selbsttragende gefaltete GFK-Elemente, Hyperbolische GFK-Paraboloid: 1,25 m x 1,25 m auf Aluminium-Unterkonstruktion, insg. 24 m überspannt

- projets et réalisations. In: *technique & Architecture*, Nr. 1 Dezember (1959), S. 104

- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 71



1959 / 08

Pilze Ausstellung



amerikanischer Ausstellungspavillon im Sokolniki-Park, Moskau, UdSSR

American National Exhibition in Moskau

Arch.: George Nelson

Ing.: Albert Dietz

Herst.: Owens-Corning Fiberglas Corporation, Fa. Lunn Laminates, Huntington, Long Island, USA

Pavillons aus insg. 70 lilienförmigen Pilzkonstruktionen (HP-Elemente) aus GFK

4,50 m x 4,50 m, H= 6 m, insg. 1500 m² Grundfläche,

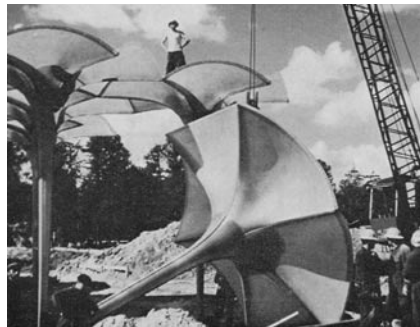
1,5 mm dickes GFK, ca. 4 Lagen 300 g Roving-Gewebe

nach Moskau verschifft

nach der Ausstellung in Yalta und Umgebung, auf der Halbinsel Krim, Ukraine wieder errichtet, einige haben bis heute überdauert (2004)

- projets et réalisations. In: *technique & Architecture*, Nr. 1 Dezember (1959), S. 114-115

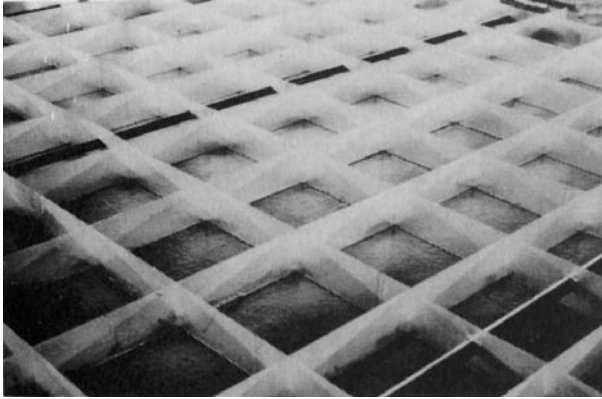
- Structures. San Francisco: *World Conference on Shell Structures*. 1962, S. 140-141



Entw.: Heinz Isler
Überdachung für ein Wochenendhaus eines Freundes
4,50 m x 9 m aus GFK,
Sandwich durch GFK-Stege gebildet

Platte
Überdachung

- Isler, Heinz: Kunststoffe für tragende Bauteile - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: 1975,
- *Schriftenreihe*, S. 3, 11-13



Nutzung	Nutzungsart	Serienproduktion durch identische Teile (mind. 5)	einm. Ausführung	Serie der Bauten
Wohnhaus	17	16	9	6
Zweithaus / Schutzhaus / Raumzelle	82	64	29	39
Gebäudehülle	20	20	14	5
Ausstellung	12	11	8	4
Fassade	10	10	7	3
Überdachung	35	34	26	9
Spiegelgerät	-	-	-	-
Summe	176	155	93	66

Albaredo Haus, Italien	1960 / 01	Montazni Relaisstation, ČSSR	1965 / 05
Kunststoff-Kugelhaus, BRD	1960 / 02	Räumliche Strukturen, Italien	1965 / 06
Polyvilla I, Belgien	1960 / 03	Monohex, USA	1965 / 07
Frits Bode Haus, NL	1960 / 04	Oberlicht der Kirche Maria Regina, BRD	1965 / 08
Scalloped Dome, USA	1960 / 05	Rheinkraftwerk Säkingen, Schweiz	1965 / 09
RP Dome, USA	1960 / 06	Dach Derriagh Garden Centre, Nordirland	1965 / 10
Gewächshäuser, DDR	1960 / 07	Bulle Trois Coques, Frankreich	1966 / 01
Überdachung Tankstelle Thun, Schweiz	1960 / 08	Cadomus, Dänemark	1966 / 02
Bakelit House, GB	1961 / 01	Montazni Kleinhaus, ČSSR	1966 / 03
British Railway Relay Rooms, GB	1961 / 02	Sekisui Kabine, Japan	1966 / 04
Maarssen Bungalow, NL	1961 / 03	Projekt: Futurhotel, NL	1966 / 05
Führungsleitstand, BRD	1961 / 04	Mobile Anlage zur Schwefelgewinnung, Italien	1966 / 06
Hülser Kunststoffhaus, BRD	1961 / 05	Pavillon auf der Internationalen Handelsmesse	
Marktüberdachung Fresnes, Frankreich	1961 / 06	Bangkok, Thailand	1966 / 07
Parkgarage in Stützkernbauweise, DDR	1961 / 07	Fassaden der Elgin Estate, GB	1966 / 08
Leningrad Haus, UdSSR	1962 / 01	Busbahnhofüberdachung, DDR	1966 / 09
Mailänder Experimenttalhaus, Italien	1962 / 02	Dach eines Marktes in Lezoux, Frankreich	1966 / 10
Maison par elements, Schweiz	1962 / 03	Club de jeunes S.E.R.A., Frankreich	1967 / 01
Unidome, GB	1962 / 04	Uni Dome, BRD	1967 / 02
Rangier-Kabine für Brit. Railways, GB	1963 / 01	Maritchu Haus, Frankreich	1967 / 03
Abitamobile, Frankreich	1963 / 02	Sparoid, Belgien	1967 / 04
FP 64, Italien	1963 / 03	Guisco Touristenkabine, Italien	1967 / 05
Mobay Iglu, USA	1963 / 04	Charm el Sheik Bungalow, Israel	1967 / 06
Radome des RAF Fylingdales, USA (GB)	1963 / 05	PPL Cabin, Kanada	1967 / 07
Schwimmbad, GB	1963 / 06	Spitzbergen Iglu, BRD	1967 / 08
Wohn Ei, Schweiz (Frankreich)	1964 / 01	Bulle Six Coques, Frankreich	1967 / 09
Ceculle Polyvalente, Frankreich	1964 / 02	Bathroom-Tower, GB	1967 / 10
Motel-Einheit, USA	1964 / 03	Schwimmbad Berchtesgaden, BRD	1967 / 11
Verkaufskiosk, GB	1964 / 04	Markt in Argenteuil, Frankreich	1967 / 12
Freitragendes Gewächshaus, BRD	1964 / 05	Pausenhofüberdachung, BRD	1967 / 13
7-up-Pavillon, USA	1964 / 06	Konstruktionssystem, Italien	1967 / 14
Ausstellungspavillon "Les échanges" Expo '64	1964 / 07	fg 2000, BRD	1968 / 01
Marina Structures, USA	1964 / 08	Kubanisches Kunststoffhaus, Kuba	1968 / 02
Markthalle Epinay-sur-Seine, Frankreich	1964 / 09	Modular Housing System, GB	1968 / 03
OGAMMA, Italien	1965 / 01	Fertighaus Bauelemente, BRD	1968 / 04
Biberach-Haus, BRD	1965 / 02	Futuro, Finnland	1968 / 05
Fokker Haus, NL	1965 / 03	Henon An 2000, Frankreich	1968 / 06
Instant House, Australien	1965 / 04	Mujeres Ferienhaus, Mexiko	1968 / 07

BP Tankstellengebäude, GB	1968 / 08	Do-Bausystem, BRD	1970 / 13
Clamp System, GB	1968 / 09	Polyeder, GB	1970 / 14
CF 10, Finnland	1968 / 10	Samoa II, Frankreich	1970 / 15
Filament Wound Home, USA	1968 / 11	König-Baukasten, BRD	1970 / 16
Lagerhaus	1968 / 12	Algeco 2002, Frankreich	1970 / 17
Philips Meßhalle, NL	1968 / 13	GFG-Zelle, USA	1970 / 18
Schweppes Tunnel, GB	1968 / 14	Stockbae, GB	1970 / 19
Faltwerke, GB	1968 / 15	Kuppeltragwerk, NL	1970 / 20
Antennenschutz, ČSSR	1968 / 16	Takara Pavillon, Japan	1970 / 21
Schwimmbadüberdachung, GB	1968 / 17	Habitat-Capsule, Japan	1970 / 22
Fun-Centre, GB	1968 / 18	Italienischer Pavillon, Italien (Japan)	1970 / 23
Pavillon in Vancouver, Kanada	1968 / 19	Bürofassade, NL	1970 / 24
Dachkonstruktion in Genua, Italien	1968 / 20	Bankgebäude, Belgien	1970 / 25
Markthalle in St. Ouen, Frankreich	1968 / 21	Überdachung für Fina Petrol Station, Frankreich	1970 / 26
Moor Lido, Italien	1968 / 22	Dach einer Grundschule, GB	1970 / 27
Marktüberdachung, NL	1968 / 23	Pförtnerhaus Delft, NL	1970 / 28
Dach über Sportstadt in Benghazi, Libyen	1968 / 24	Tetrodon, Frankreich	1971 / 01
Trigon, Schweiz	1969 / 01	Heckel Haus, Frankreich	1971 / 02
Ensculptic, USA	1969 / 02	System Ponza, Italien	1971 / 03
Diamant 4, Belgien	1969 / 03	Avio Fokker, NL	1971 / 04
Venturo, Finnland	1969 / 04	M 314, NL	1971 / 05
Bamy, Schweiz	1969 / 05	Polybiwak, Österreich	1971 / 06
Riba, BRD	1969 / 06	Pappeder 26, BRD	1971 / 07
Tub Co., Frankreich	1969 / 07	Loewy Zelle, Frankreich	1971 / 08
Transstar Villa, Australien	1969 / 08	Pecolit, BRD	1971 / 09
Rondo, Schweiz	1969 / 09	Organia Ferienhaus, Österreich	1971 / 10
Röhrenhaus, Dutler, Schweiz	1969 / 10	Europa Kiosk, Schweiz	1971 / 11
Hexam Bungalow, Frankreich	1969 / 11	Les Domobiles, Frankreich	1971 / 12
Noa, Japan	1969 / 12	Mirolege, Algerien	1971 / 13
Schwimmbad in Aberdeen, GB	1969 / 13	Sphere d'isolement, Frankreich	1971 / 14
Pavillon für Gartencentre, Frankreich	1969 / 14	Hallenkonstruktion, GB	1971 / 15
System CEPLI, Italien	1969 / 15	Olivetti Training Centre, GB	1971 / 16
Überdachung für Einkaufskomplex, GB	1969 / 16	Informationsstand, BRD	1971 / 17
Kanadische Tankstelle, Kanada	1969 / 17	Kugelpavillons, BRD	1971 / 18
Seilbahnstation, USA	1969 / 18	Ausstellungspavillon, BRD	1971 / 19
Überdachung einer Abfüllstation, BRD	1969 / 19	Academic & Occuoional School, Kanada	1971 / 20
Villa Spies, Schweden	1969 / 20	Elementary School, Kanada	1971 / 21
System Tensilarc, USA	1969 / 21	Hühnerfarm, Österreich	1971 / 22
Stadiondach in Laval, Frankreich	1969 / 22	Schuh-Koch, Österreich	1971 / 23
KB-Haus, NL	1970 / 01	Sheikha Badrieh Moschee, Kuwait	1971 / 24
Arch Domes, USA	1970 / 02	Habitation de loisir, Frankreich	1971 / 25
Franchise Units, Mexiko (USA, Kanada)	1970 / 03	Flughafenterminal, Dubai	1971 / 26
Space Shell, USA	1970 / 04	Weiterentwicklung System fg 2000, BRD	1972 / 01
Futura, NL	1970 / 05	Gemini Bungalow, NL	1972 / 02
Wochenendhaus, BRD	1970 / 06	Oegema, NL	1972 / 03
Maison 12 E, Frankreich	1970 / 07	L'Hexacube, Frankreich	1972 / 04
Dura Plex House, USA	1970 / 08	CF 100 / 200, Finnland	1972 / 05
HL Raumzellen, BRD	1970 / 09	Autobahn-Service-Brücke, GB	1972 / 06
House Road, Belgien	1970 / 10	Sabemo House, Australien	1972 / 07
Pandorra 99, Japan	1970 / 11	Tournesol Schwimmhalle, Frankreich	1972 / 08
RW System, BRD	1970 / 12	Tankstellen, Belgien	1972 / 09

1960 / 01

Tafelbauweise
Wohnhaus



Albaredo Haus, Italien

traditionelle Hausform
Standort: Albaredo, Treviso
Skelett- und Stützkonstruktion auf Stahlgerippe
GFK – Schaum – GFK, industriell gefertigt mit Handelsnamen Resiform
mehrmalige Ausführung

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 60/01

1960 / 02

Schale
Zweithaus / Schutzhaus



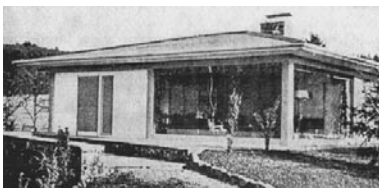
Kunststoff-Kugelhaus, BRD

Entw.: Egon Brütsch
Herst.: Jos. Schreyögg + Co.
Wohn-, Schlafräum, Küche, Toilette, Speicher über der Wohndecke, Keller unter Fußboden
13 m² Grundfläche, bei 4 m Durchmesser, lichte Höhe 2,40 m im Inneren
8 in den Abmessungen gleiche Segmente, ohne Fundament
Bespannung – Schaumstoff – PS-Hartschaum – GFK (innen nach außen)
Gewicht: 250 kg
mehrmalige Ausführung

- K.D.: Ein Kunststoff-Kugelhaus. In: *Kunststoffe* Heft 6 (1960), S. 359

1960 / 03

Tafelbauweise
Zweithaus / Schutzhaus



Polyvilla I, Belgien Prototyp

Arch./Ing.: Ladyjensky, Belgien
Herst.: Plascobel SA, Brüssel

4-eckige Kabinen, 81 m² Grundfläche,
GFK – PUR-Schaum – GFK
1968 Polyvilla II
1970 Polyvilla III, 60 m², ca. insg. 250mal gebaut

1971: USA als 3-Bedroom House mit 98 m² Grundfläche
Herst.: Custom Fiberglass Homes Inc., Marion, Michigan; Serienproduktion
aus Sandwichplatten, GFK mit Urethanschaumdämmung, Wände und Dach
Platten 1,2 m x 2,5 m, 3 mm – 8 mm – 3 mm; Fenster Acrylflächen

- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 508-509
- Three-bedroom house for \$10,000. In: *Modern Plastics* Heft Oktober (1965), S. 99
- Applications. New entry in all-plastic housing. In: *Modern Plastics* Heft September (1971), S. 126

1960 / 04

Platten
Zweithaus / Schutzhaus



Frits Bode Haus, NL

Arch./Ing. Pijpers, Breda
70 m² Grundfläche, 4eckiger Grundriß
Wand und Dach: GFK – Papierwaben – GFK profiliert auf Stahlgerippe

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 60/02

1960 / 05

Gebäudehülle



Scalped Dome, USA

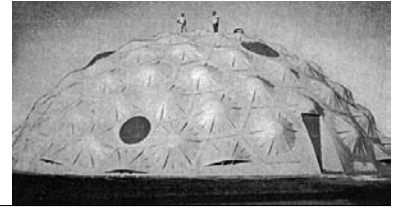
Krankuppel
Entw.: William R. Orr
Standort: Fort Worth, Texas
die Schalen tragen einen 2-Tonnen-Kran im Inneren des Baus
einschaliges GFK
einmalige Ausführung

- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 64

Entw. und Herst.: Tool Research & Engineering Corp., Beverly Hills, Californien
24,5 m Durchmesser aus ineinander verzahnten 3-dimensionalen Platten
hexagonale und pentagonale Schalen verzahnen sich ohne spezielle weitere Verschlüsse

Gebäudehülle

- New Developments. In: *Modern Plastics* Heft März (1961), S. 147



Gewächshäuser, DDR

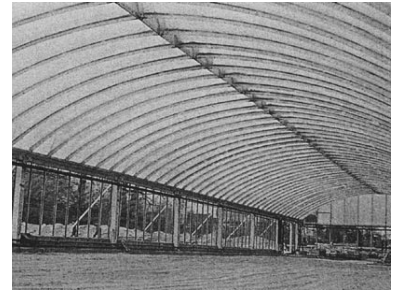
1960 / 07

Entw.: Institut für Baustoffe, Weimar der Deutschen Bauakademie Berlin (BA), Institut für Leichtbau und ökonomische Verwendung von Werkstoffen Dresden (IfL), Gert Hintersorf
Bauherr: Institut für Gemüsebau Großbeeren der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften Berlin

Schale
Überdachung

Schalenbogenträger, 2 Halbbögen gegeneinander gestellt,
System 1/2: Grundrißbreite: 5,83 m/ 9 m; Konstruktionshöhe: 3,83 m/ 6 m,
beides 0,75 m Elementbreite mit Materialstärke von 1,2 mm/ 1,4 mm
Gesamthöhe: 3,83 m Verbindung über Polyamidschrauben und Verklebung,
30 - 60 kg pro Bauteil, etwa 15 Jahre genutzt

- Hintersdorf, Gert: *Tragwerke aus Plaste*. Berlin (Ost): Verlag für Bauwesen, 1972
- Hintersdorf, Gert. Berlin, 2005, - Archivmaterial



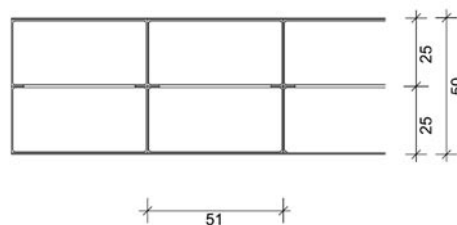
Überdachung Tankstelle Thun, Schweiz

1960 / 08

Entw. und Herst.: Heinz Isler
Sandwichplatte aus GFK, zwei mal 1280 vorgefertigte GFK-Kuben als zwei Sandwichschichten
14 m x 22 m x 0,50 m
transluzent
einmalige Ausführung, existent

Platte
Überdachung

- Isler, Heinz: Kunststoffe für tragende Bauteile - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: *Schriftenreihe* 1975, S. 6-7, 20-21
- Isler, Heinz: Tragende Bauteile aus Kunststoff: Anwendungsbeispiele. In: *Schweizer Bauzeitung*, Sonderdruck Heft 3 (1977), S. 1-8



Schale
Wohnhaus

Bakelit House, GB

Arch/Ing.: S. Smith, A. Quarmby, Forschungsabteilung von British Railways

Herst.: Mickleover of London

336 m² Grundfläche der beiden Etagen, 25 m lang x 7,16 m breit, 5,80 m Gesamthöhe,
Rahmen/Segmentbauweise aus vorgefertigten Sandwichelementen
GFK – Phenolharzschäum – GFK

Realisation als zweigeschossige Telefonvermittlungsamt, Birmingham und als Antarctic House, GB,
(Abb. links und unten links)
biologisches Labor auf Signey Island, South Orkneys, British Antarctic Survey (Abb. unten mitte
und unten rechts), existent

- Makowski, Z.S.: les applications structurales des plastiques dans l'industrie du bâtiment.

In: *Plastiques Bâtiment* Heft 122 Oktober (1968), S. 9-10- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 58-59

Quarmby, Arthur, 2004, - Archivmaterial

Schale als Rahmentragwerk
Zweitages / Schutzhaus

British Railways Relay Rooms, GB

Relais-Häuser von British Railways, GB Östliche Region

ebenfalls für: Royal Aircraft "South" Scotland Electricity Board, BAS Surv

Arch/Ing.: Arthur Quarmby und Appleby, Forschungsabteilung von British Railways

Herst.: Mickleover of London

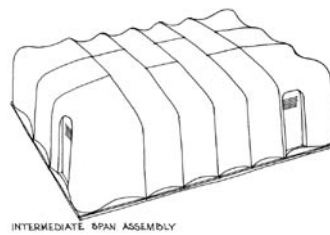
Standort: Thameshaven, Essex,

18 m² Grundfläche, Kabinen aus räuml. Elementen, Außenwände t = 25 mm

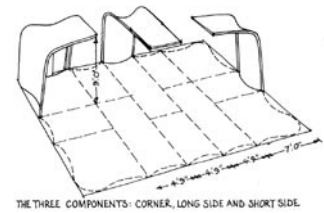
GFK – PUR-Schaum – GFK

mehrmalige Ausführung (über 300)

- Makowski, Z.S.: les applications structurales des plastiques dans l'industrie du bâtiment.

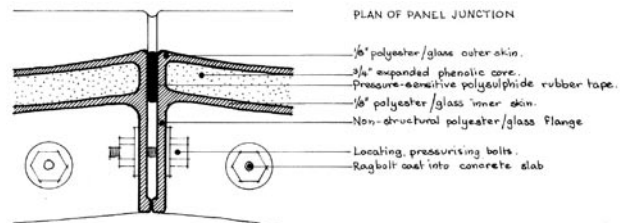
In: *Plastiques Bâtiment* Heft 122 Oktober (1968), S. 8-10- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 55-58

INTERMEDIATE SPAN ASSEMBLY



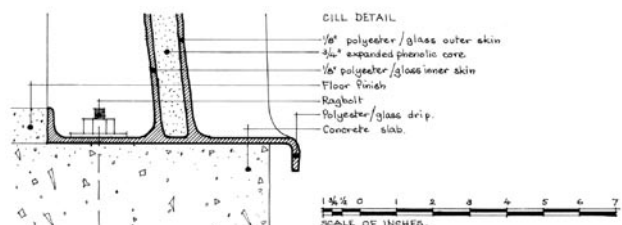
THE THREE COMPONENTS: CORNER, LONG SIDE AND SHORT SIDE

SHORT SPAN ASSEMBLY: Overall span 14'0".
Made up of four corner units (each contributing one door which may be blanked off as required), and short side units to any length.



PLAN OF PANEL JUNCTION

1/8" polyester/glass outer skin.
3/4" expanded phenolic core.
Pressure-sensitive polysulphide rubber tape.
1/8" polyester/glass inner skin.
Non-structural polyester/glass flange.
Locating, predrilling bolts.
Ragbolt cast into concrete slab.



CILL DETAIL

1/8" polyester/glass outer skin.
3/4" expanded phenolic core.
1/8" polyester/glass inner skin.
Floor finish.
Ragbolt.
Polyester/glass drip.
Concrete slab.

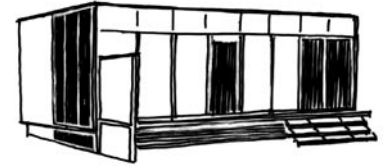
1 1/2 0 1 2 3 4 5 6 7
SCALE OF INCHES.

Maarssen Bungalow, NL

1961 / 03

Arch.: Heydenrijk
Standort: Maarssen / Ermelo
48 m² Grundfläche
Skelett-Stützbauweise
Wand und Dach: GFK – PS-Kapillaren – GFK
Prototyp

Tafelbauweise
Zweithaus / Schutzhaus



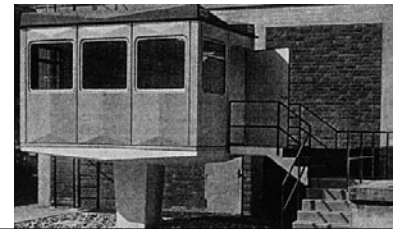
- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973 Projekt 1961/04

Führungsleitstand, BRD

1961 / 04

Entw.: Chemische Werke Hüls
als Bürohaus
15 m² Grundfläche
selbsttragende Sandwichkonstruktion,
Außenwände: 70 mm,
GFK-Außenhaut, verformte Schale, PUR-Schaumkern, Alu-Folie, Gipsplatten innen;
Dach: Faltwerk mit 65 mm, GFK-Schalen, gefaltet, PS-Schaumplatten, PS-Kassettenplatten
Hochsokkel: Beton

Tafelbauweise
Zweithaus / Schutzhaus



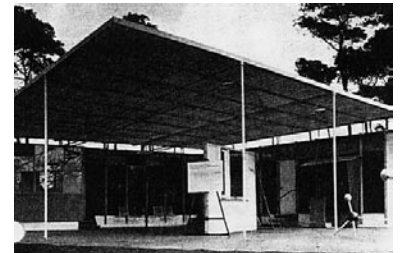
- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1968/09

Hülser Kunststoffhaus, BRD

1961 / 05

Umkleidehaus für Tennisclub
Entw.: Chemische Werke Hüls AG
Sandwichkonstruktion des Daches, 13,67 m x 13,67 m
einmalige Ausführung

Platte
Überdachung



- Neue Anwendungsmöglichkeiten für Kunststoffe im Bausektor.
In: *Kunststoffe* Heft 5 (1961), S. 290

Marktüberdeckung in Fresnes, Frankreich

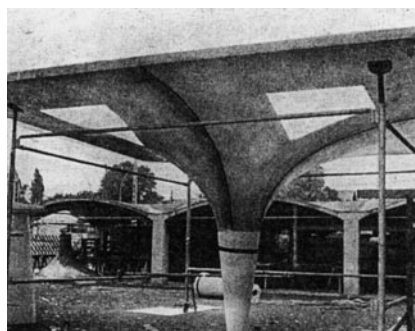
1961 / 06

geschlossenes Dachgebilde über 18 Ladeneinheiten
18 m x 36 m, maximale Höhe 3,20 m
Schirme aus 5 Teilen, Stützen und den 4 Segmenten des Schirmes,
Teile der Schirme durchscheinend
einmalige Ausführung, ca. 1980 abgerissen

Pilze
Überdachung



- Duflos, J.: Der Einsatz glasfaserverstärkter Kunststoffe in Frankreich.
In: *Kunststoffe* Heft 12 (1961), S. 783
- Structures en coquilles plastiques pour toitures.
In: *plastiques bâtiment* Nr. 125, Januar (1969), S. 16-18



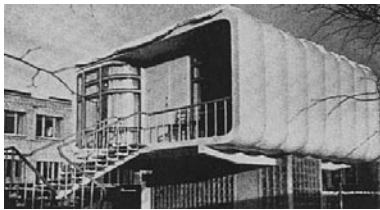
Überdachung



Parkgarage in Stützkernbauweise, DDR

Entw.: Institut für Leichtbau Dresden, Gert Hintersdorf
 einseitig eingespannte Segmente $n \times 1$ m Breite, Spannweite 6,74 m
 mit GFK-Deckschichten und Papierwabenkern
 Deckschichten: verringern sich von Fuß zum Ende: 3,5 mm bis 0,5 mm und im Zugbereich von 7 mm auf 1 mm im Druckbereich
 Stützkern: Papierwabe PKA 25/19, Segmentende: Papierwabe PKA 16/30
 Wabendicke 300 mm bis 40 mm
 Segmentmasse: 24 kg/m², davon Stützkernbauteil 13,5 kg/m²
 Prototyp, ca. 1991 abgerissen

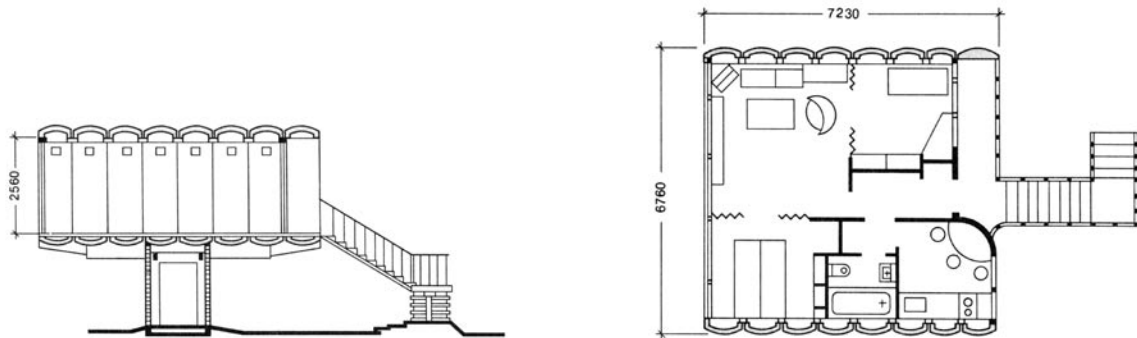
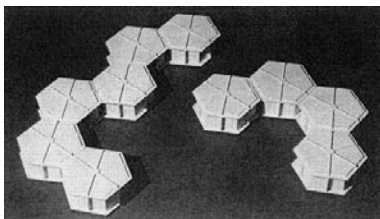
- Badstube, M.: Freitragende Parkhalle in Wabenbauweise. In: *ift-Mitteilungen* Institut für Leichtbau Dresden (1964), S. 330ff
- Hintersdorf, Gert: Tragwerke aus Plasten. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin (1972), S. 34, 201ff

Rahmentragwerk
Wohnhaus

Leningrad Haus, UdSSR

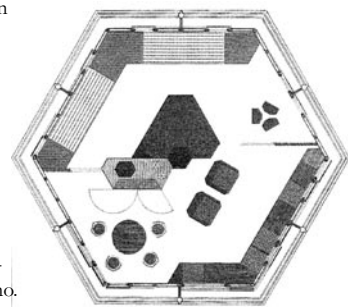
Entw.: Lenprojekt, Leningrad, A. P. J. Tcherbenok
 49 m² Grundfläche im 1. OG, Erdgeschoß tragende Struktur aus Stahlbeton
 4 identische räumliche Elemente pro Ring, $n \times 0,8$ m
 $t = 100$ mm
 GFK – Schaum – GFK, Fenster aus PMMA
 4,5 t Gewicht
 Prototyp

- Kirby, David: Plastics: Technical Prospects and architectural imagery. In: *Architectural Review* May Nr. 8/9 (1965), S. 369
- Sebestyén, Gyula: *Leichtbauweise*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1978, S. 159
- Ajrapetov, D. P.: *Architectural material science*. Moscow: Mir Publishers
 English translation 1986, S. 213

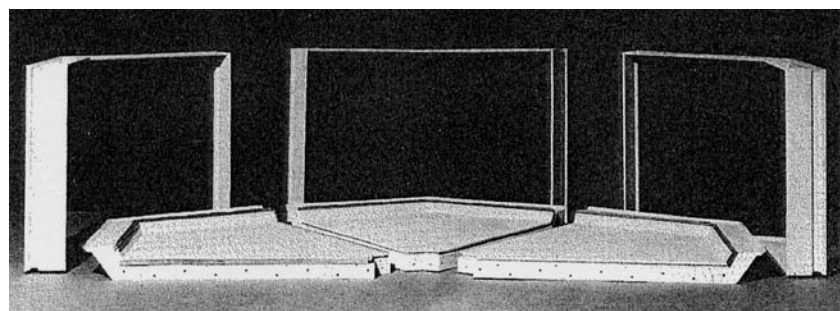
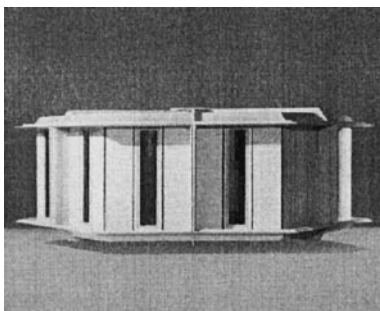
Platten
Zweithaus / Schutzhau

Mailänder Experimentalhaus, Italien

für erste Internationale Ausstellung für Vorfertigung in Mailand,
 Arch./Ing.: G. Forti und R. Piano, R. Foni, B. Huet, C. Ruggeri, Mailand
 sechseckiger Grundriß mit 39 m² Grundfläche
 Kerneinheit mit Bad und Heizungs-, Lüftungsinstallationen
 12 vorfabrizierte Dach- und Bodeneinheiten,
 6 vertikale Wandeinheiten
 räumliche Sandwichelemente
 GFK – Steinwolle – GFK
 Prototyp



- Makowski, Z.S.: Strukturen aus Kunststoff von Renzo Piano. In: *Bauen + Wohnen* Heft 1-6 (1970), S. 113-114
- Makowski, Z.S.: les structures en plastiques de renzo piano. In: *Plastiques Batiment* Heft 126 Februar (1969), S. 10-17



Arch.: A. Christen

Tafelbauweise
Zweithaus / Schutzhaus

- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 138
- Döring, Wolfgang: *Perspektiven einer Architektur*. Suhrkamp Verlag, 1970, S. 93



Unidome, GB

1962 / 04

Wochenendhaus oder Abstellräume
Herst.: English Electric Company
16 vorgefertigte Dreieckselemente
Durchmesser von 8 m, 4 m Scheitelhöhe
GFK-Platten mit Randverstärkung, t= 1,5 mm

geodätische Kuppel
Zweithaus / Schutzhaus

- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 502
- Makowski, Z.S.: l'emploi des matières plastiques comme éléments structuraux dans le bâtiment. In: *Plastiques Bâtiment* Heft 119/120 (1968), S. 13



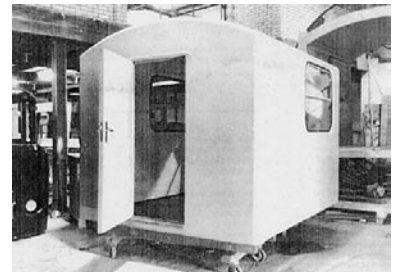
Rangier-Kabine für Brit. Railways, GB

1963 / 01

Entw., Herst.: Mickleover Transport Ltd. + Bakelite Co.
geschlossene Raumzelle, transportabel
Sandwich
GFK – Phenolharzschäum – GFK

Raumzelle

- Makowski, Z.S.: les applications structurales des plastiques dans l'industrie du bâtiment. In: *Plastiques Bâtiment* Heft 122 Oktober (1968), S. 8-17



Abitamobile, Frankreich

1963 / 02

Herst.: Societe Isolfen, Societe Abita, Paris
Ausstellung Paris Beaumont-sur-Oise
50 m² Grundfläche
einmalige Ausführung

Tafelbauweise
Zweithaus / Schutzhaus

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1963/1



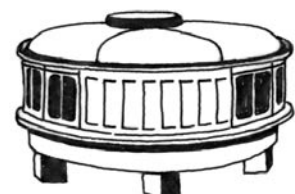
FP 64, Italien

1963 / 03

Arch./Ing: Chantiers Fornasari, Verona
Herst.: Ateliers de Mecanique Piccolboni, Vigasio
d = 7 m, 39 m² Grundfläche
Stahlskelett mit 21 räumlichen Sandwichelementen, Handelsname Resiform
GFK – Schaum – GFK auf Stahlskelett
Prototyp

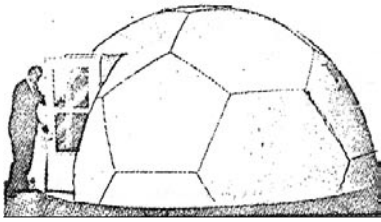
Schale, Platte
Zweithaus / Schutzhaus

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1963/09



1963 / 04

geodätische Kuppel
Zweithaus / Schutzhaus



Mobay Iglu, USA

starrer, runder Grundriss,
Sandwich
GFK – PUR-Schaum – GFK
Prototyp

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1963/13

1963 / 05

geodätische Kuppel
Gebäudehülle



Radome des RAF Fylingdales, Early Warning Rocket Defence Station Standort: North Yorkshire Moors, GB

Bauherr: Ministry of Defence, USA
Herst.: RCA
letzgebaute der insg. 3 Weit-Distanz-Radar-Anlagen mit je drei Radomen, anderen in Thule in Grönland und Clear in Alaska
Durchmesser von 46 m, weiß
Hexagonale Elemente, 15 cm Sandwich (GFK-Honeycomb aus verst. Papier-GFK)
wurde 1992 von neuer, leistungsfähigerer Radaranlage ersetzt

Haystack Hill Radarkuppel, USA, (1967)

Standort: Haystack Hill in Tyngsboro, Mass. USA
Entw.: Lincoln Laboratories
Durchmesser: 45,5 m, Plattendicke 0,8 mm + 0,2 mm,
dreieckige GFK-Platten mit Alu-Raumfachwerk
Beschichtung mit Sulfochloriertem PE, Reflexion der Wärmestrahlung



- Skeist, Irving: *Plastics in Building*. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1966, S. 74-75
- <http://www.subbrit.org.uk/rsg/sites/f/fylingdales/>
- <http://www.cndyorks.gn.apc.org/fdales/uk&starwars.htm>
- IBK: Kunststoff-Überdachungen. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1972), S. 47
- Jackson, Lesley: *the sixties*. London: Phaidon Press, 2000, S. 98



Entw.: R. C. Gilkie an Universität Surrey

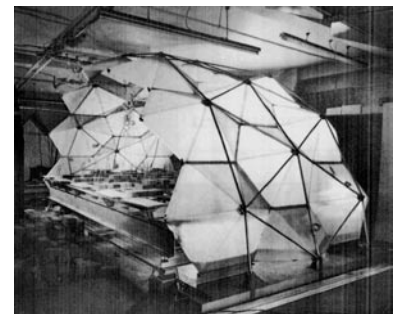
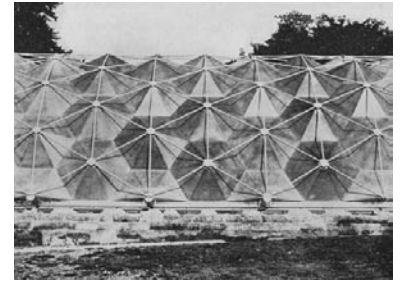
Herst.: Taylor Plastics

Konstruktion aus sechseckigen GFK-Pyramiden, 15 m lang, 8 m breit
an Flanschen verschraubt, mit Aluminiumrohren in Form eines Dreieckgitters auf Außenseite
verbunden

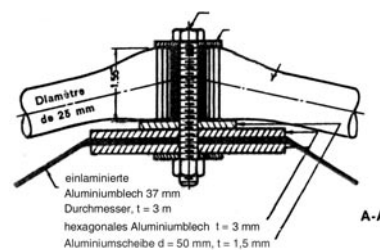
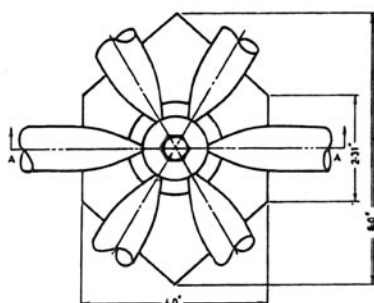
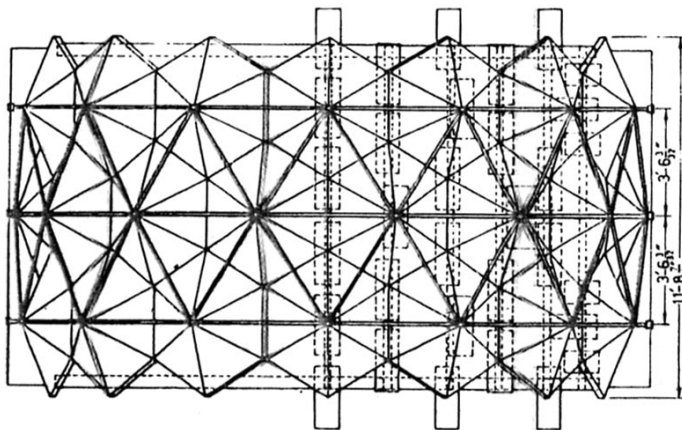
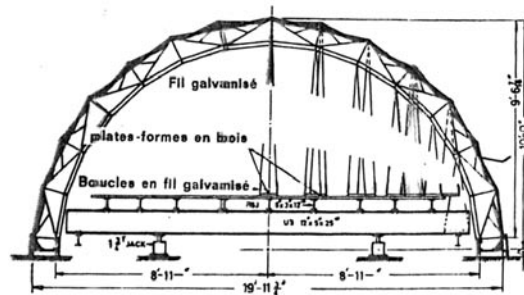
5 kg/m², incl. Aluminiumkonstruktion, Lichtdurchlässigkeit bei 80 %
mehrmalige Ausführung,

erste in Mill Hill in Nähe von London, ein Dach eines Swimmingpools

Falte
Gebäudehülle

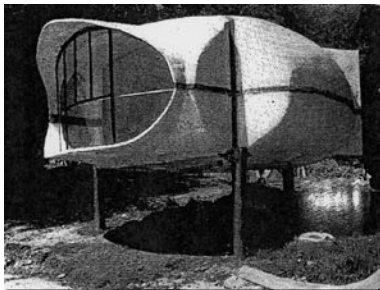


- Makowski, Z.S.: le centre de recherches sur les elements de structure en plastiques a l'universite du surrey. In: *Plastiques Batiment* Heft 121, September 1968, S. 24
- Makowski, Z.S.: i'emploi des matieres plastiques comme elements structuraux dans le batiment. In: *Plastiques Batiment* Heft 119/120, Juli/August 1968, S. 22



1964 / 01

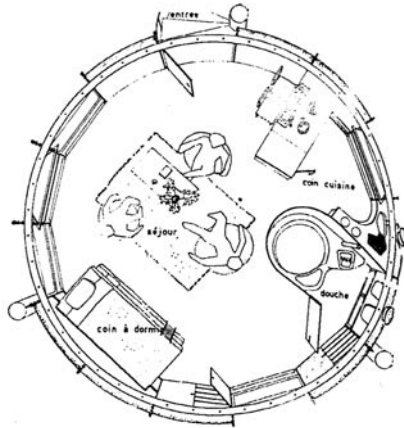
Zweithaus / Schutzhaus



Wohn Ei / Egg Houses, Schweiz
Standort Hoch Savoien, Pougny bei Grilly

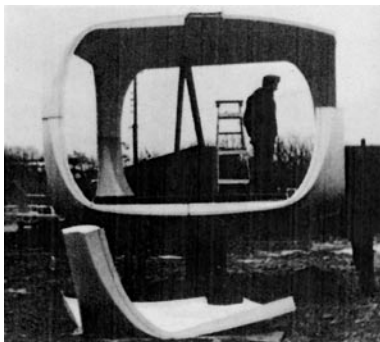
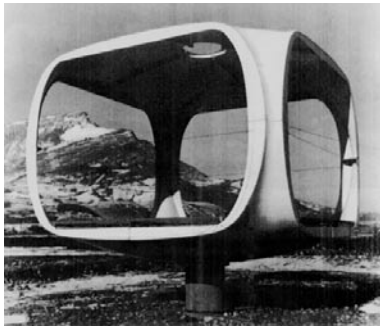
Arch.: Pascal Häusermann, Bruno Camoletti, Eric Hoechel, aus Genf, Schweiz
Bauherr: Vinner & Co., Paris, Frankreich
runder Grundriß, ca. 5 m im Durchmesser
5 Sandwichelemente als Schalen zu Ellipsoid zusammengefügt,
an drei Stahlstützen mit 25 cm Durchmesser
Bad mit Dusche, Küche integriert
GFK – PUR-Schaum – GFK
Prototyp, Versuchsbaubau für seriellen Einsatz für Ferienhäuser

- Cellule préfabriquée en matière plastique. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr. 124 (1966), S. 102
- Joly, Pierre: Habitations préfabriquées en matières Plastiques en France. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr 117 Januar (1965), LII



1964 / 02

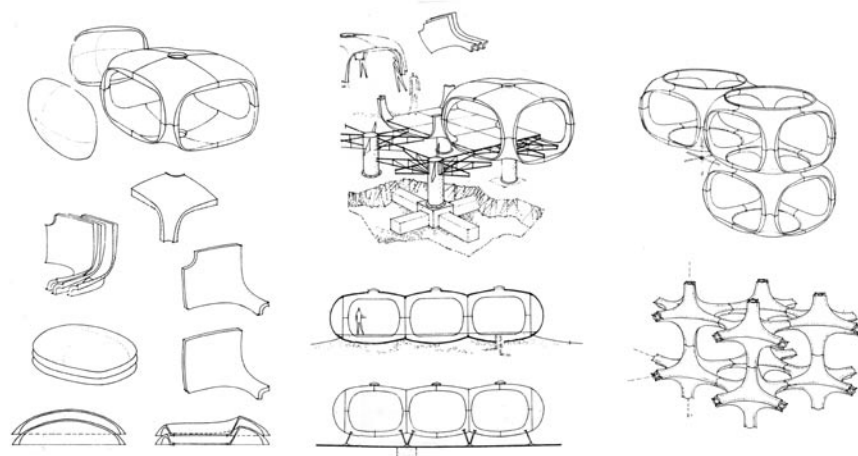
Zweithaus / Schutzhaus



Ceculle Polyvalente, Frankreich

Arch/Ing.: M. Chaneac, M. Nicoulaud
Standort: Saint-Pierre-d'Albigny
industrielle Produktion des Elements, 8 Elemente für eine Raumzelle, auf Stahlfuß sitzend
3 m x 3 m x 3 m Außenmaße, Innenhöhe ca. 2,50 m
mit diversen seitl. Abschlüssen, als Fassade, geschlossen/offen
Patent von 1960
Prototyp

- reportages: oui à l'architecture pour le plus grand nombre: les recherches de chanéac et l'industrialisation du bâtiment. In: *Plastiques Bâtiment* Nr. 118 Heft 6 (1968), S. 17-19



Motel-Einheit, USA

1964 / 03

Herst.: Holidays Inn of America Corp.
Faser-Harz-Spritzverfahren
3 m x 17 m Grundfläche, enthält 4 Räume
Außenwände, Boden- und Deckenplatten GFK,
GFK – Polyurethan-Schaum – Sperrholz
mehrmalige Ausführung

Raumzelle
Zweitthaus / Schutzhaus

- Saechtling, Hansjürgen: Bauen mit Kunststoffen in den USA. In: *Kunststoffe* Heft 3 (1966), S. 183
- Skeist, Irving: *Plastics in Building*. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1966, S. 78



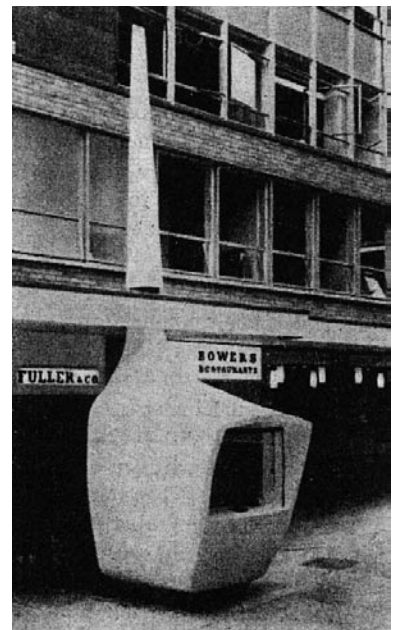
Verkaufskiosk, GB

1964 / 04

Herst.: Norlan (Plastics) Ltd., Northumberland Dock, North Shields, Northumberland
in einem Stück hergestellt
1,95 m x 2,40 m x 3 m, Gewicht 1,5 t
Lüftung ist 3 m hoher Kamin
Gelcoat – GFK – Polyurethan-Hartschau – GFK – Asbestgewebe
2 mm – 12 mm – 1 mm – 1 mm

Raumzelle

- Rundschau: Verkauf-Kiosk aus verstärktem Kunststoff.
In: *Kunststoffe* Bd. 54 Heft 9 (1964), S. 604-605



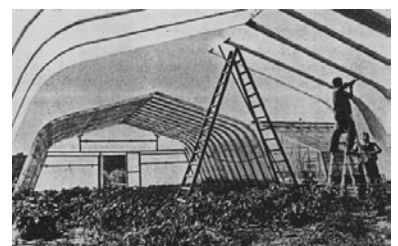
freitragendes Gewächshaus, BRD

1964 / 05

Herst.: BASF
eine Schale: 7 m x 0,66 m, 0,8-3,2 mm dick
30 m x 9 m x 4 m, Gesamtgewicht 1 t
innerhalb 4 Tagen mit vorgefertigten Glasfaser-Polyester-Platten aufstellbar
Windlast 50 kp/m², Lichtdurchlässigkeit 82 %
mehrmalige Ausführung

Schale
Gebäudehülle

- Rundschau: Freitragendes Gewächshaus aus vorgefertigten glasfaserverstärkten Polyester-elementen. In: *Kunststoffe* Heft 2 (1964), S. 128



1964 / 06

Schale
Ausstellung



7-up-Pavillon, USA

Expo 1964 in New York
16 verschiedenfarbige Kuppeldächer
Schalen aus 4 Segmenten auf 4 Stützen, Seitenlänge je 7,5 m, Gewicht je Schale 680 kg,
2 mm GFK – 65 mm PF-getränkter Papierwabenkern – 2 mm GFK, Gesamtdicke 70 mm

- IBK: Kunststoff-Überdachungen. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1972), S. 42
- Skeist, Irving: *Plastics in Building*. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1966, S. 82, 448



1964 / 07

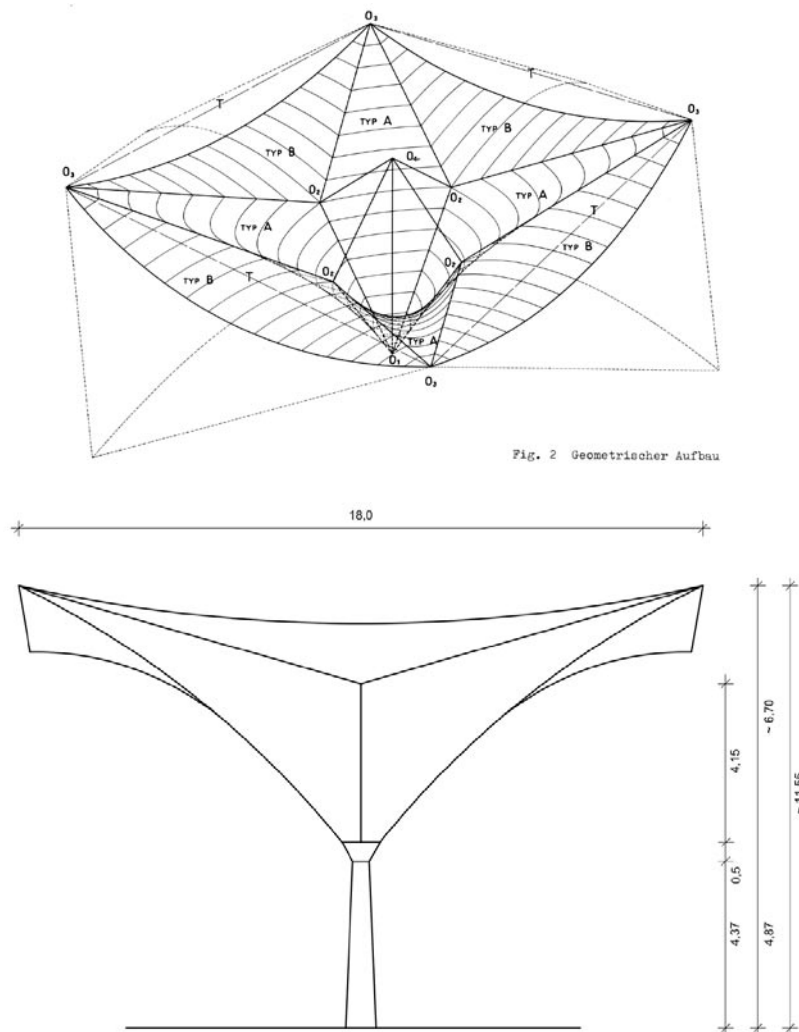
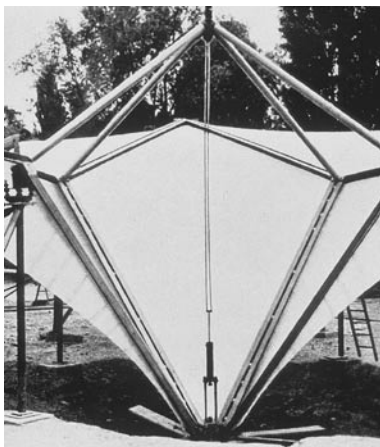
Schirm
Ausstellung



Ausstellungspavillon „Les échanges“ Expo '64 in Lausanne, Schweiz

Ing.: Heinz Hossdorf
Arch. der Gesamtausstellung: F. Vischer, G. Weber, Basel
Schirmkonstruktion als Tulpenfeld, mit aufgespannten GFK-Flächen
24 Schirme, insg. 108 m x 72 m
GFK-Hyparflächen und Stahlverbund Elemente, geklebt
Schirm aus 3 verschiedenen Elementtypen zusammengesetzt, 18 m x 18 m
auf Blechrohrstütze h = 4,37 m
Größe der Einzelteile: Teil A 10,60 m Bogenlänge; 5,30 m Bogenbreite
Teil B + C: 18 m Seitenlänge, 4,30 m Mittelbogenlänge
1965 abgerissen

- Hossdorf, Heinz: *Das Erlebnis ein Ingenieur zu sein*. Basel: Birkhäuser Verlag, 2003



Ausstellungspavillon zur New York World Fair '64
Schale des Daches wird auf Stützen "Schale" aufgesetzt

Schale
Ausstellung

- Skeist, Irving: *Plastics in Building*, New York: Reinhold Publishing Corporation, 1966, S. 80-81

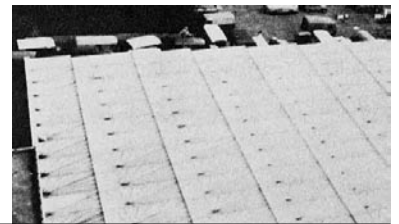


Markthalle Epinay-sur-Seine, Frankreich

1964 / 09

154 GFK-Pyramidensegmente, gefaltet auf Stahlstützengerüst gesetzt,
insg. 30 m x 50 m große transparentes Dach
jedes Element 6 x 2 m, 70 cm hoch, 155 kg schwer,
Wanddicken 2,5 mm (Fläche), 5 mm (Rand),
Flächen profiliert,
Lichtdurchlässigkeit 35 %
einmalige Ausführung, 1979 abgerissen

Pilze
Überdachung



- IBK: Kunststoff-Überdachungen. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1972), S. 44
- Schwabe, Amtor: Freitragende Konstruktionen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen.
In: *Kunststoffe* Band 58 Heft 12 (1968), S. 868

OGAMMA, Italien

1965 / 01

Malnate Haus, Monopiano-System

Falte
Wohnhaus

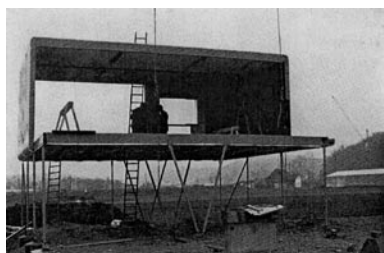
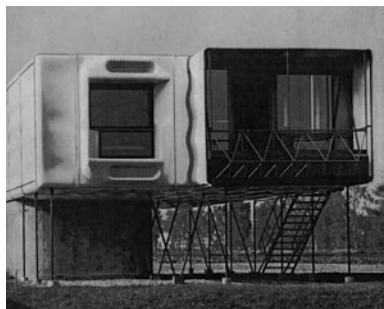
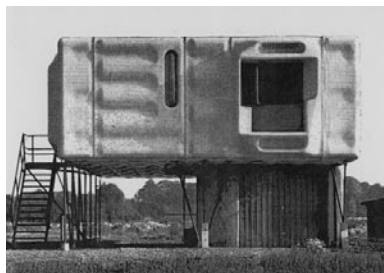
Arch.: Mario Scheichenbauer
Herst.: Fa. Resine Prodotti Derivati, Mailand
Standort: Malnate/Varese - See,
ca. 100 m² Grundfläche pro Wohneinheit,
Wandelement: GFK – GFK-Wabenkern – GFK, Handelsname Resiform
Außenwandelement: 87,5 cm x 260 cm x 8 cm
Fugen verklebt, auf Stahlgerippe
Dach: elementierte GFK-Dachteile, mit Polystyrolschaumstoff gefüllt,
mehrmalige Ausführung in Italien und Schweiz



- Scheichenbauer, Mario: *Kunststoff, Bauwesen und Design*.
In: *plasticconstruction* Heft 1 (1974), S. 1-7
- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 493



Schale
Wohnhaus



Biberach-Haus, BRD

Arch.: Dieter Schmid

Herst.: Fa. Georg Schmid KG, Biberach

7,20 m x 14 m, 94,50 m² Grundfläche, ca. 2,50 Innenhöhe

Stahlkonstruktion mit selbsttragenden GFK-Sandwich Außenfassaden

7 versch. Elemente

von außen nach innen: GFK – Schaumstoff – Spanplatte – PVC-Überzug

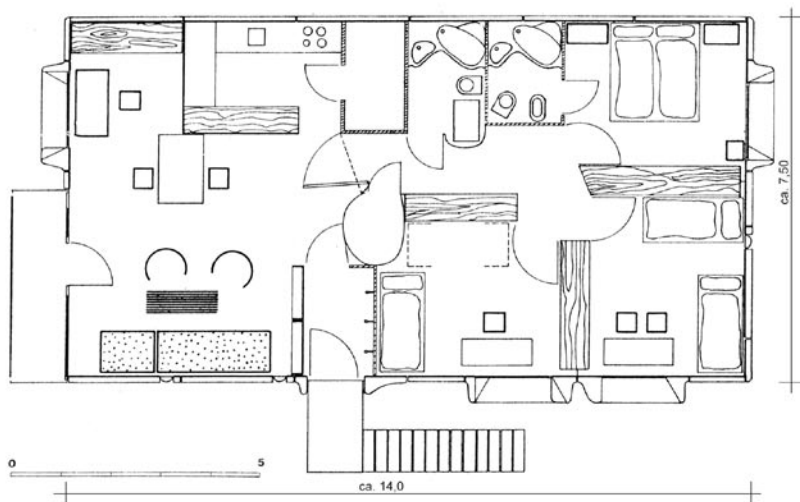
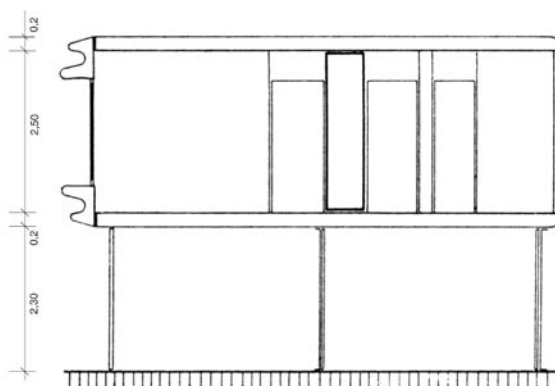
GFK-Sanitärzelle

einmalige Ausführung

Standort bis 1976 Biberach an der Riß, danach Abriß, 3 Jahre bewohnt

- Schmid, Dieter: maison préfabriquée. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Heft 124 (1966), S. 98-101

- Schmid, Dieter: über dieses haus. In: *db (deutsche bauzeitung)* Heft 4 (1965), S. 259-264



Arch./Ing.: Van Emden
Rahmen- und Segmentkonstruktion mit räumlichen Elementen,
GFK – Schaum – GFK
mehrmalige Ausführung

Rahmenkonstruktion
Wohnhaus

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1965/03



Instant House, Australien

1965 / 04

Arch.: Warren
Herst.: L. T. D. oder Rondavel Product Pty
Standort: Canberra
runder Grundriß von räuml. GFK-Elementen
mehrmalige Ausführung

Schale
Zweithaus / Schutzhaus

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1965/04



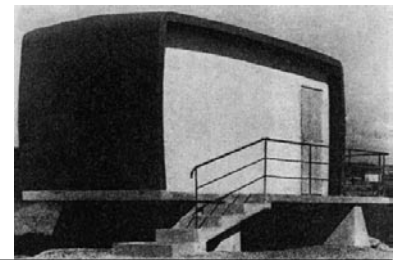
Montazni Relaisstation, ČSSR

1965 / 05

Herst.: Montazni, Prag
Schale als viereckigem Gesamtkörper, Faserspritzverfahren über Wellpappe-Kern
max. 10 m x 2,50 m und 125 mm stark
GFK – Wellkern – GFK
mehrmalige Ausführung, 200 Stück für Post in ČSSR produziert

Raumzelle

- Hanusch, Hugo: Bauteile aus GFK-Wellkern-Verbundelementen. In: *Kunststoffe* Heft 11 (1967), S. 865-867



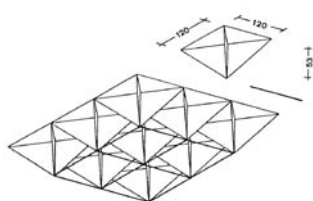
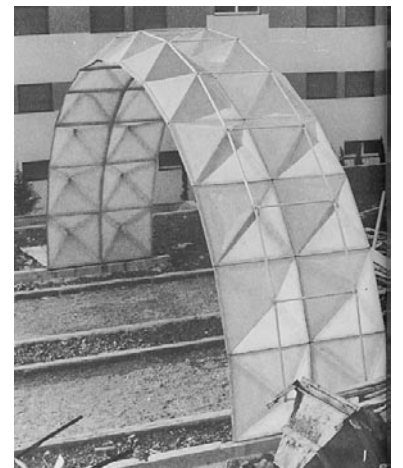
Räumliche Strukturen, Italien

1965 / 06

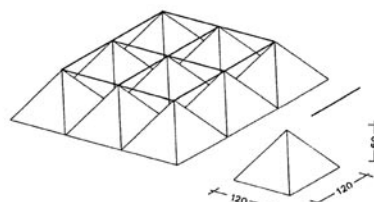
Entwurf: Renzo Piano und eigenes Forschungs- und Planungsinstitut für Kunststoffe mit R. Foni, G. Garbuglia, L. Tirelli und M. Filocca in Mailand
Baukastensystem aus pyramidenförmigen Grundelementen und Stäben
Pyram-Roof: Pyramiden nach oben gerichtet, deren Wände dienen gleichzeitig zur Aussteifung und als Dachhaut
Space-Deck-System: Pyramiden als besonders geformte Sandwichkonstruktion, Spitzen nach unten gerichtet, Basis bildet die Dachhaut

Falte
Gebäudehülle

- Compagno, A.: Renzo Piano: *Eine methodische Suche nach Kompetenz*. Institut für Hochbautechnik ETH Zürich, Bericht Nr. 16 (1991), S. 48-51

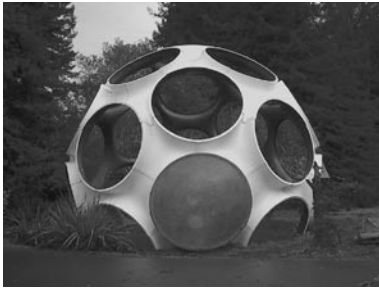


2- Räumliche Strukturen
aus glasfaserverstärktem Polyester:
das zweite Experiment:
Darstellung des Raumfachwerkes
von unten gesehen



1- Räumliche Strukturen
aus glasfaserverstärktem Polyester:
das erste Experiment:
Darstellung des Raumfachwerkes

geodätische Kuppel
Gebäudehülle



Monohex (Fly's Eye), USA

Entw.: Richard Buckminster Fuller

Herst.: John Warren, 1975

Einreichung zum Patent 1961

in 3 verschied. Größen entwickelt: 12 Fuß (3,66 m), 26 Fuß (7,92 m) und 50 Fuß (15,24 m) im Durchmesser

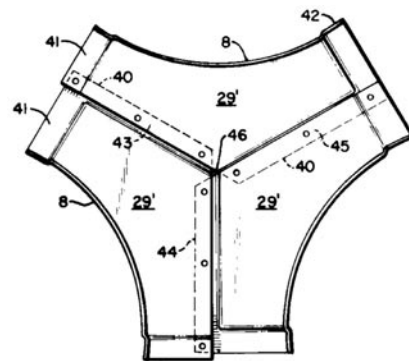
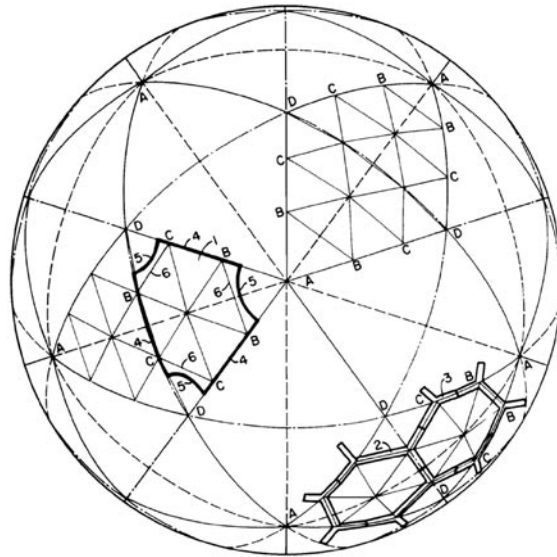
Patent für verschiedene Materialien, neben GFK auch Stahlblech und Holz

Schließung der runden Öffnungen durch ebene oder gekrümmte Oberlichter

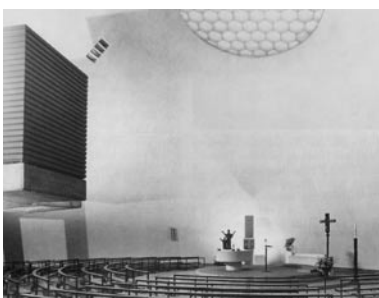
50 Fuß-Monohex zur 200. Jahrfeier von Los Angeles aufgebaut (1975)

- <http://www.salsburg.com/geod/monohex.html>

- <http://www.bfi.org/gallery/FlyEyeDome>



Platte
Überdachung



Oberlicht der Kirche Maria Regina, Fellbach, BRD

Entw., Herst.: Heinz Isler

runde Sandwichplatte, Kuben sind wabenförmig

D = 7 m, d = 30 cm

einm. Ausführung, existent

- Isler, Heinz: Kunststoffe für tragende Bauteile - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: 1975, *Schriftenreihe*, S. 8, 24

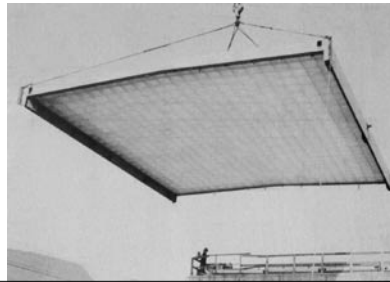
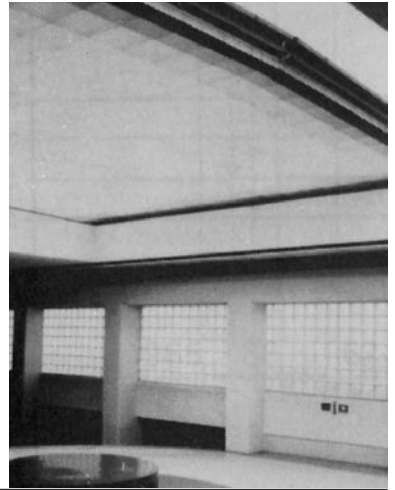
- Katholisches Pfarramt Fellbach (Hrsg.): *Kirche Maria Regina*. Fellbach: 2003



Entw., Herst.: : Heinz Isler
je 12 m x 13 m, insgesamt 140 m² Grundfläche, 38 cm stark
Sandwichplatten nach Thuner System als rollbare Oberlichter
von einem Mann bewegbar
18 kg/m²
fünfmalige Ausführung, existent

Platten
Überdachung

- Isler, Heinz: Kunststoffe für tragende Bauteile - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: 1975, *Schriftenreihe*, S. 7, S. 22



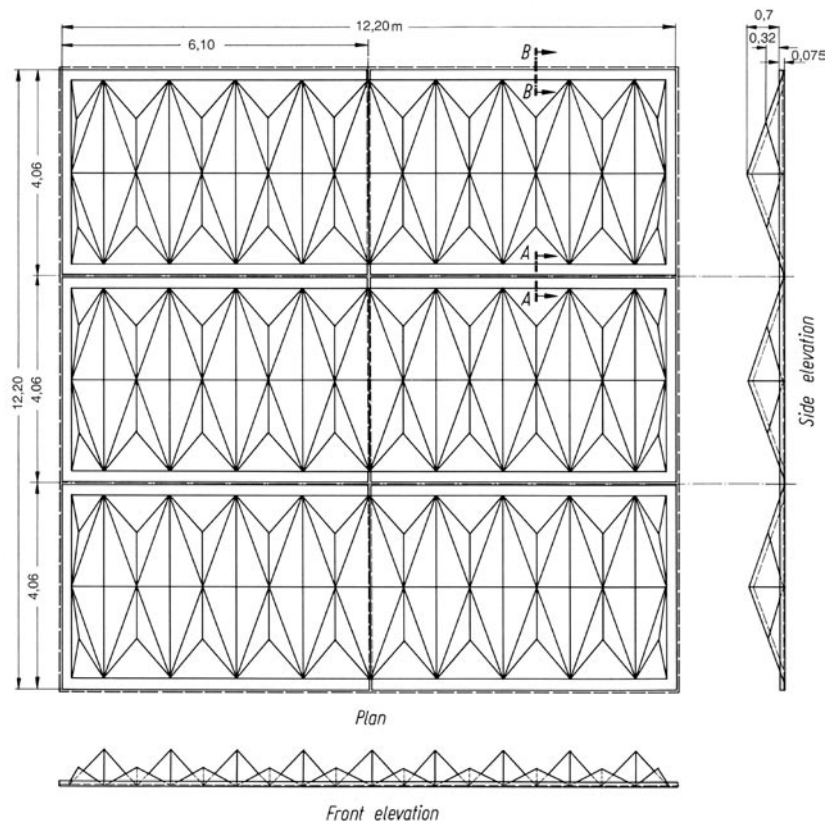
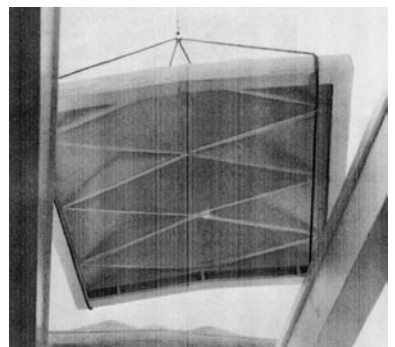
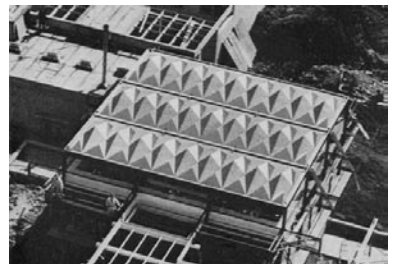
Dach Derriaghy Garden Centre, Nordirland

1965 / 10

Entw.: Mickleover Transport Ltd.
Dachkonstruktion, Elemente als Faltkonstruktion mit tragender Außenhaut, GFK auf Betonträgern aufgelegt,
Element stapelbar, ca. 4,06 m x 6,10 m, ein Element wiegt 350 kg
ursprünglich Konstruktion für Überdachung einer Sporthalle in Lybien entwickelt
mehrmalige Ausführung

Überdachung

- Makowski, Z.S.: les applications structurales des plastiques dans l'industrie du bâtiment.
In: *Plastiques Batiment* Heft 122 Oktober (1968), S. 12-13

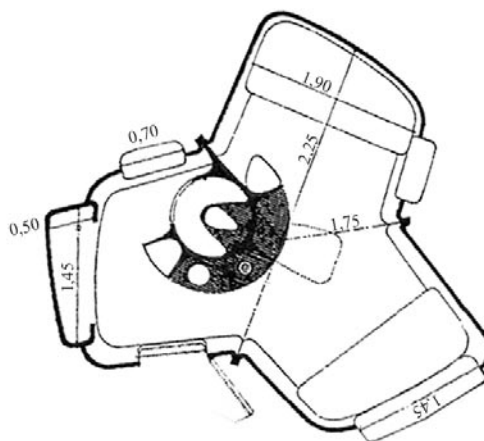
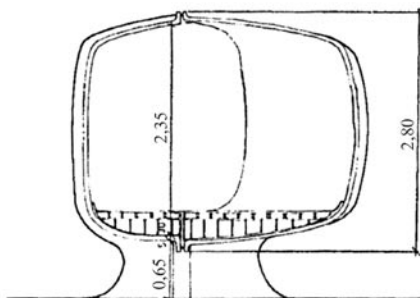


1966 / 01

Schale
Zweithaus / Schutzhau

Bulle Trois Coques (minibulle), Frankreich

Arch.: Jean Maneval
Herst.: Bati-Plastique und Dubigon, Normandie
Polyeder mit 3-eckiger Flächenform
Zellen als räumliche Elemente
GFK – PUR-Schaum – GFK
Prototyp



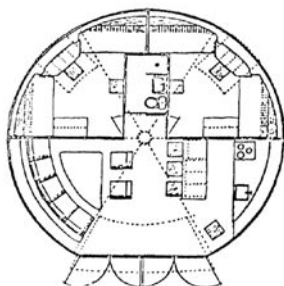
- Maneval, Jean: batiplastique.
In: *L'architecture d'aujourd'hui*
Heft 137 (1967), S. 90

1966 / 02

Zweithaus / Schutzhau

Cadomus, Dänemark

Herst.: Cadomus
runder Grundriß, ca. 48 m²
Schalen zu Halbkugel verbunden,
GFK – PUR-Schaum – GFK
mehrmalige Ausführung



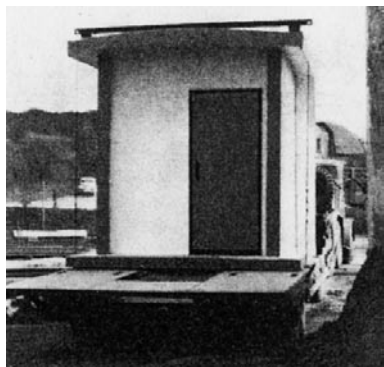
- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1966/02

1966 / 03

Raumzelle

Montazni Kleinhaus, ČSSR

Entw.: Montazni, Prag
Wellkern-Kleinhaus, die nach Baukastenprinzip zu beliebig großen Einheiten zusammengefügt werden können
Wellkern aus Pappe wird mit GFK überspitzt, Faserspritzverfahren
4eckiger Grundriß, max 10 m x 2,50 m Einheiten herstellbar,
GFK – Papp-Wellkern – GFK
125 mm dicke des Wellkerns



- Hanusch, Hugo: Bauteile aus GFK-Wellkern-Verbundelementen. In: *Kunststoffe* Heft 11 (1967), S. 865-867

1966 / 04

Raumzelle

Sekisui Kabine, Japan

Entw.: Sekisui Chemical Co., Osaka
12 m² Grundfläche
räuml. Elemente zu Quader gefügt
GFK – PS-Schaum – GFK, Alu-Folie (innen-außen)
mehrmalige Ausführung

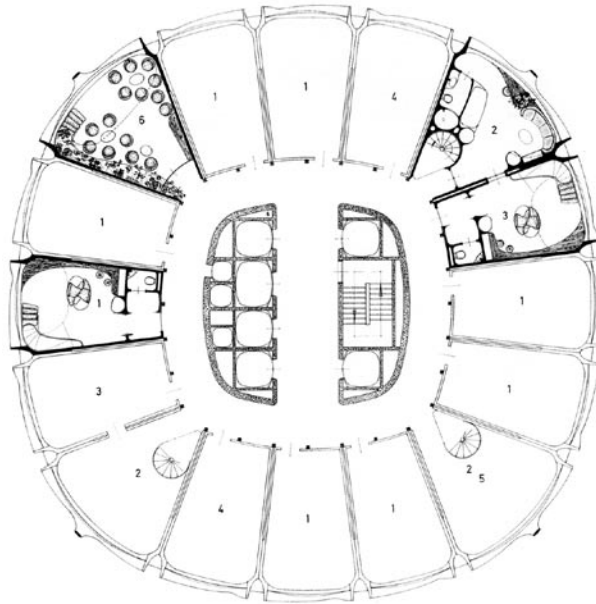


- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1966/11

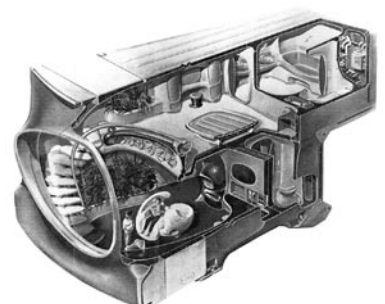
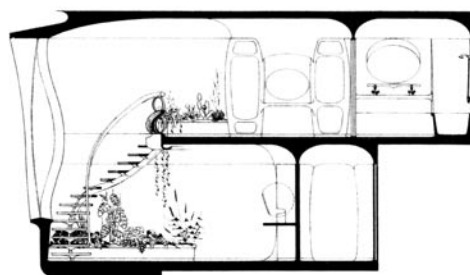
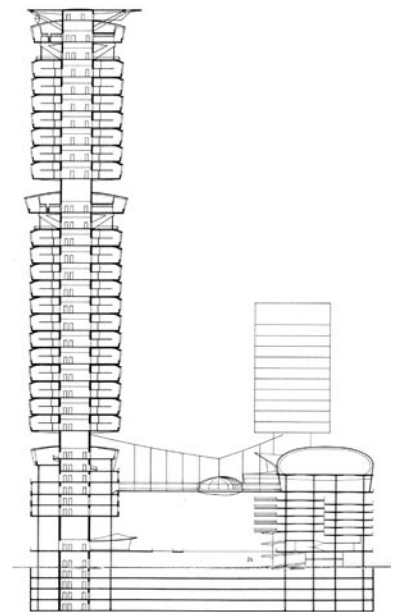
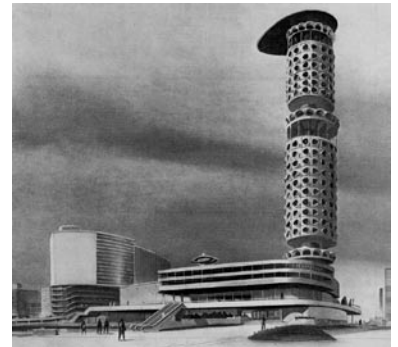
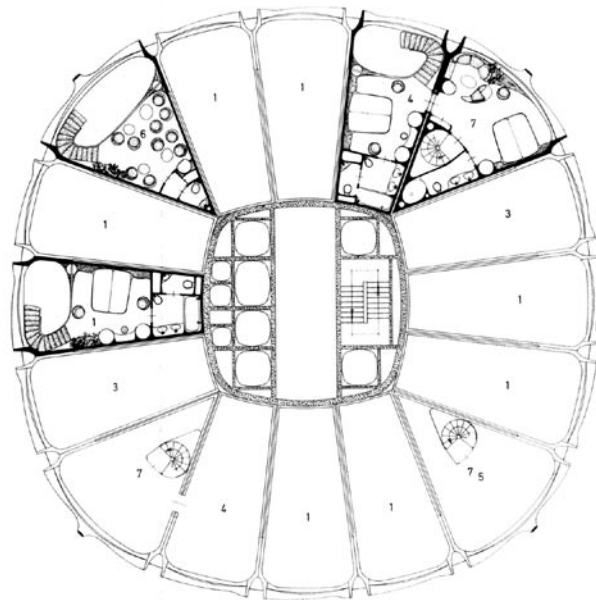
Arch.: De Vries, R. Das
 Auftraggeber: Krasnapolsky Hotel, Amsterdam
 2-stöckig, in NL entwickelt
 Kabinen 54 m² Grundfläche,
 an Stahlbeton Turmschaft mit 6 m Abstand runde Plattformen aus Stahlbeton aufgehängt, in ihnen
 werden Raumzellen eingeschoben
 geplant in: GFK – Schaum – GFK

Raumzelle
 Wohnen

De Vries: Futurotel. *Prospekt Grand Hotel Krasnapolsky*. Amsterdam, 1966

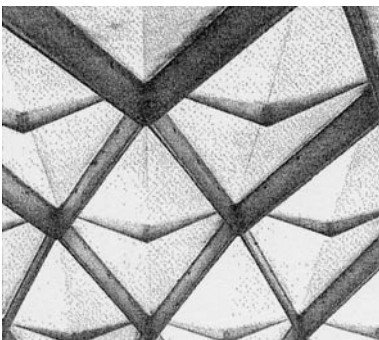
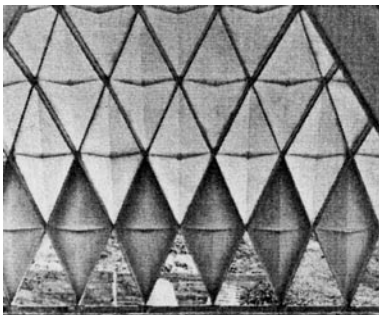
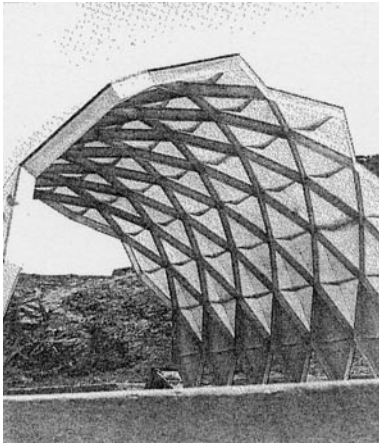
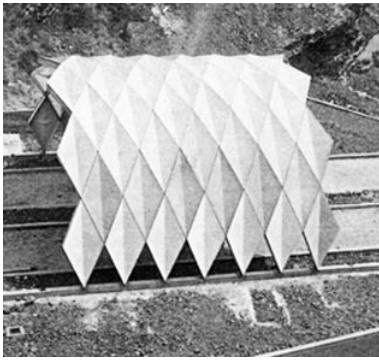


- 1 double suite
- 2 single room, combi with double suite
- 3 double suite, combi with single room
- 4 double suite, combi with double room
- 5 one technical unit for three stories, sports halls, service departments, airconditioning
- 6 green unit: Breakfast lounge, Reading room, Reception room



1966 / 06

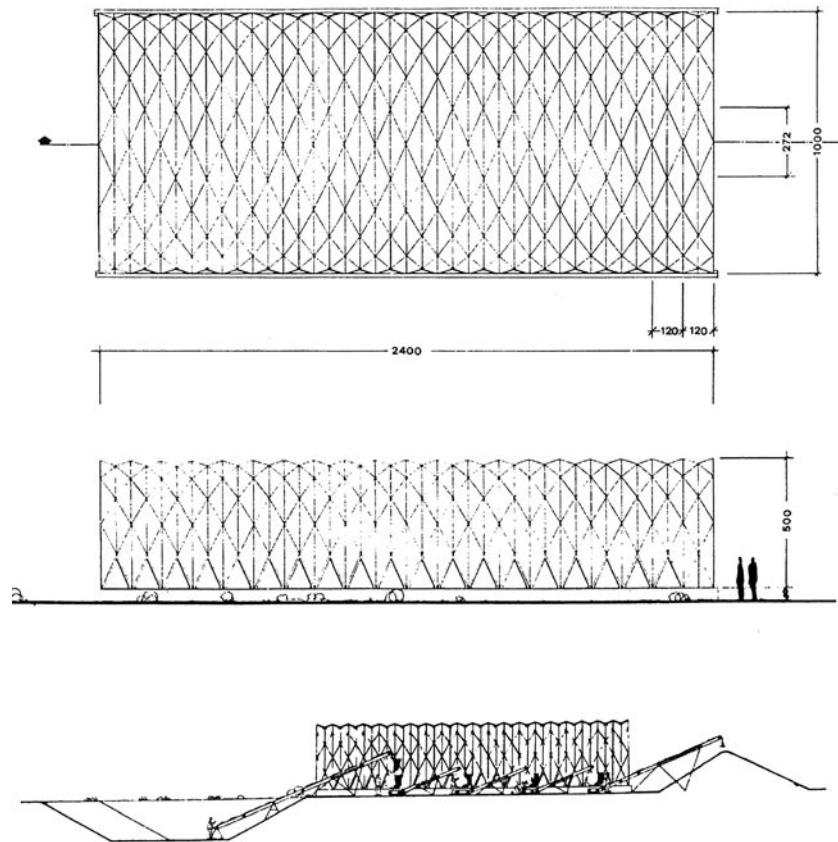
Falte
Gebäudehülle



mobile Anlage zur Schwefelgewinnung, Italien
Pomezia bei Rom

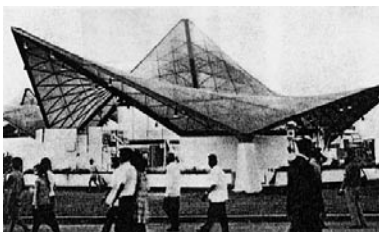
Entwurf: Renzo Piano und eigenes Forschungs- und Planungsinstitut für Kunststoffe mit R. Foni, G. Garbuglia, L. Tirelli und M. Filocca in Mailand
Herst.: Impresa E. Piano, Preßverfahren
rhombische Segmente, 2,72 m x 1,20 m
14 kg pro Segment, 30 % lichtdurchlässig
einmalige Ausführung

- Makowski, Z.S.: Tragwerke aus Kunststoffen. In: *Bauen+Wohnen* Heft 6 (1969), S. 222-227
- Compagno, A.: Renzo Piano: *Eine methodische Suche nach Kompetenz*. Institut für Hochbautechnik ETH Zürich, Bericht Nr. 16 (1991), S. 56-59



1966 / 07

Schale
Ausstellung



Pavillon auf Internationalen Handelsmesse Bangkok, Thailand

Hyperbolische Paraboloid mit steilen Giebel und ausladenden Sonnendächern
zerlegbare Halle aus Hyparelementen,
mattenverstärkte GFK-Sektionen, hoch lichtdurchlässig,
Hyparteile 11 m Länge, stählerne Randträger,
Hauptelemente 16 m x 2,75 m
einmalige Ausführung

- Dietz, Albert G. H.: Baukonstruktionen aus Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Heft 5 (1967), S. 308

London W9, Harrow/ Waltham Road

London E1, Watney Street/ Commercial Road,

Bauherr: Greater Council

SF 1-Panel Vorhangfassaden der Indulex Engineering Co.

insg. 4 Hochhäuser mit 22 Stockwerken, Sozialwohnungen

2 m x 2,80 m, GFK (2,25 mm) – Schaumbeton – Gipsplatte plus Dampfsperre, ges. 75 mm

Wärmedurchgangszahl: 0,97 kcal/m²h grd,

Schalldämmmaß: 35 dB

im Heißpreßverfahren hergestellte GF-UP Bauteile, Feuerwiderstand W 60

1974 das erste mal gereinigt

Platten

Fassade

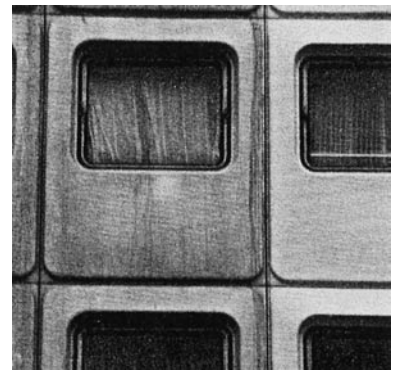
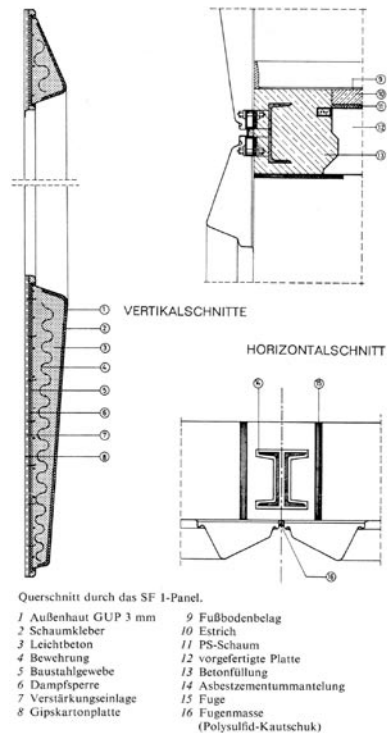
- Dietz, Albert G. H.: Baukonstruktionen aus Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Heft 5 (1967), S. 312

- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 311

- Schwabe, Amtor: Großformatige Dach- und Wandbauteile aus GF-UP in England.

In: *plasticconstruction* Heft 6 (1974), S. 314-315

- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 135



Busbahnhofüberdachung, Karl-Marx-Stadt (heute Chemnitz), DDR

1966 / 09

Entw.: Institut für Baustoffe in Weimar, DBA; Institut für Leichtbau und ökonomische Verwendung von Werkstoffen Dresden (IfL), Gert Hintersorf

Forschung: Institut für Gemüsebau Großbeeren, Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Grundrißbreite: 6,55 m, Konstruktionshöhe 2,42 m, Breite: 0,75 m

3 mm Schalendicke

einmalige Ausführung, nach 30 jähriger Standzeit ausreichend funktionsfähig, trotzdem 1997 abgerissen, Busbahnhofüberdachung in Torgau März 2007 noch existent

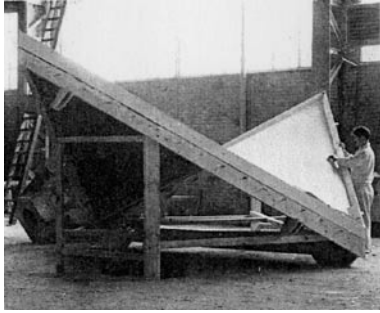
Schale
Überdachung



- Ackermann, Günther: Der Bau von Tragwerken aus Kunststoffen im Osten Deutschlands (1945-1990). In: *Bautechnik* Heft 7 (2001), S. 504-519

- Hintersdorf, Gert. Berlin, 2005, - Archivmaterial

Schale
Überdachung



Dach eines Marktes in Lezoux, Frankreich

Arch.: Yves Chaperot

Herst.: Dubigeon-Normandie, Nantes

System Polycorolles,

System für Verbund-Dächer aus 14 m² GFK-Flächen ($t = 3 \text{ mm}$) und einer leichten Aussteifung oder Aufhängung aus Stahl

hyperbolische Paraboloid mit Grundform des Rhombus mit Winkeln von 60° und 120°, Rhombus 7 m lang und 4 m breit, Krümmung 2 m bis zu den Spitzen, 12 cm Seitenflansche

5 kg/m² GFK, 14 m² ein Element

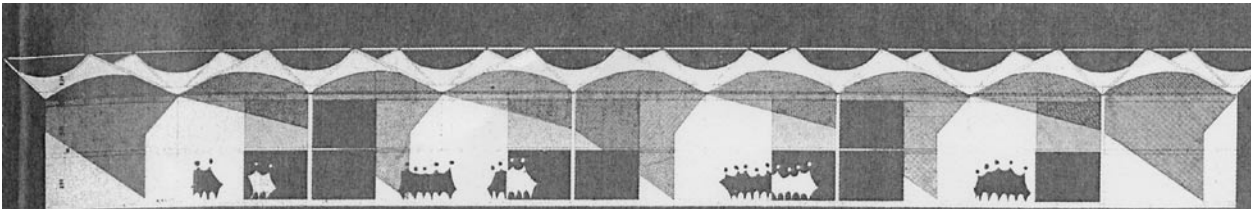
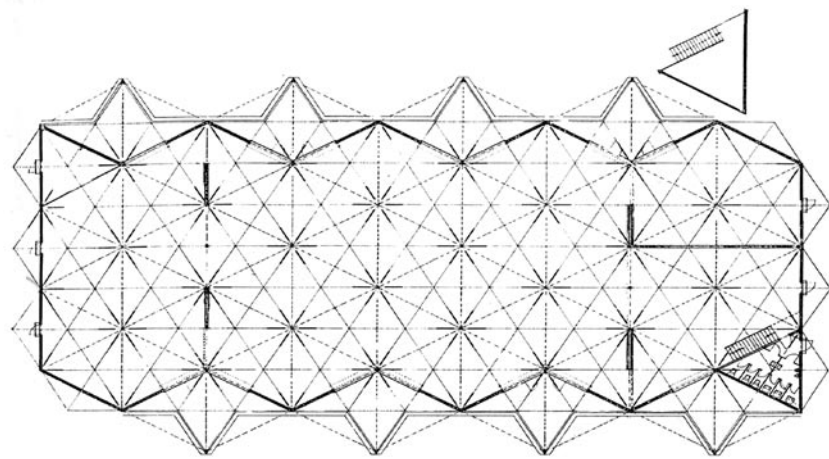
lassen sich, mit Gegenkrümmung versetzt zu beliebig großen und gefalteten Flächen zusammensetzen

- erstes Projekt ist Marktüberdachung in Lezoux, 28 m x 58 m

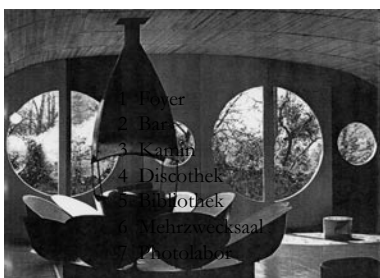
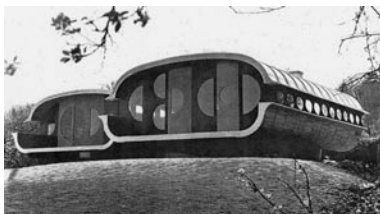
- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 70

- Chaperot, Yves: Coques en Polyester "Polycorolles".

In *techniques & Architecture* Serie 25 Heft 1 (1965), S. 9-11



Rahmen
Wohnhaus



club de jeunes S.E.R.A., Frankreich

Arch.: Gérard Grandval

vorfabrizierte reihbare Sandwichelemente

GFK-Außenschichten und Dämmung

1,0 m Breite, 8,0 m Länge, als Dach und Boden einsetzbar, dazwischen die Belichtung
Prototyp für geplante Feriensiedlungen Frankreichs

- club de jeunes.

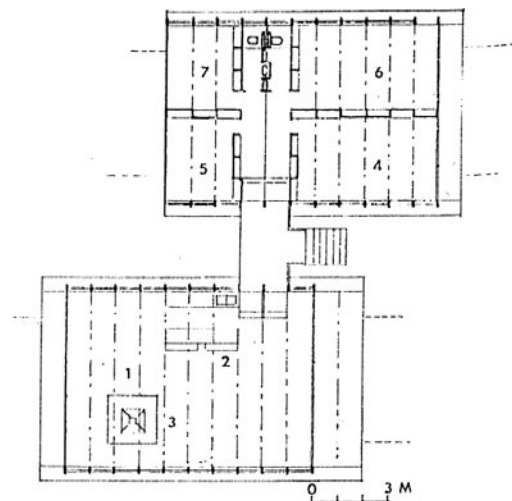
In: *L'architecture d'aujourd'hui* Heft 131

(1967), S. 88-89

- Monnier, G.; Klein, R.: *les années*

ZUP. Paris: Éditions A. et J. Picard,

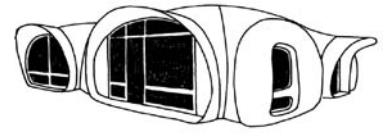
2002, S. 75



Arch/Ing.: De Vries, Leiderdorp, NL
 Herst.: Argeplan + Krupp
 Ausstellung in Wulfen, BRD
 18 m² Grundfläche, räumliche Elemente und Schalen
 GFK – PVC-Schaum – GFK
 Prototyp

Schale
 Zweithaus / Schutzhau

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1967/20



Maritchu Haus, Frankreich

1967 / 03

50 m² Grundfläche
 Sandwichelemente 3,6 m x 3,6 m
 GFK – Schaum – GFK
 Prototyp

Platten
 Zweithaus / Schutzhau

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1967/12



Sparoid, Belgien

1967 / 04

Entwerfer: Guy de Moreau
 Kugelhaus mit 80 m² Grundfläche
 Raumzelle aus 7 Elementen
 Prototyp

Schale
 Zweithaus / Schutzhau

- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 125



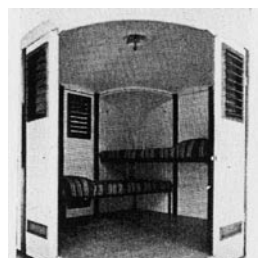
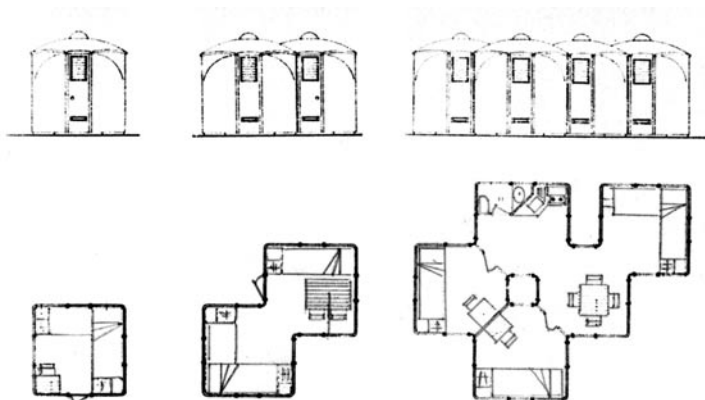
Guscio Touristenkabine, Italien

1967 / 05

Arch.: Roberto Menghi, Mailand
 Herst.: Xilographia Milanese, Mailand
 6 m² pro Raumzelle
 4-eckige Zellen aus räuml. Elementen, addierbar,
 GFK – PUR-Schaum – GFK
 mehrmalige Ausführung, existent

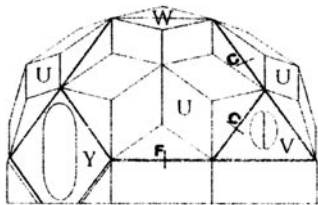
Raumzelle, Platte
 Zweithaus / Schutzhau

- PAC-A-VAC. In: *Architectural Review* Heft 857 Juli (1968), S. 68
 - Touristenkabinen Guisco. In: *Architektur & Wohnform* Heft 8 November (1969), S. 436
 - FOMEKK: Exkursion Möbelmesse Köln, 2004, - Archivmaterial



1967 / 06

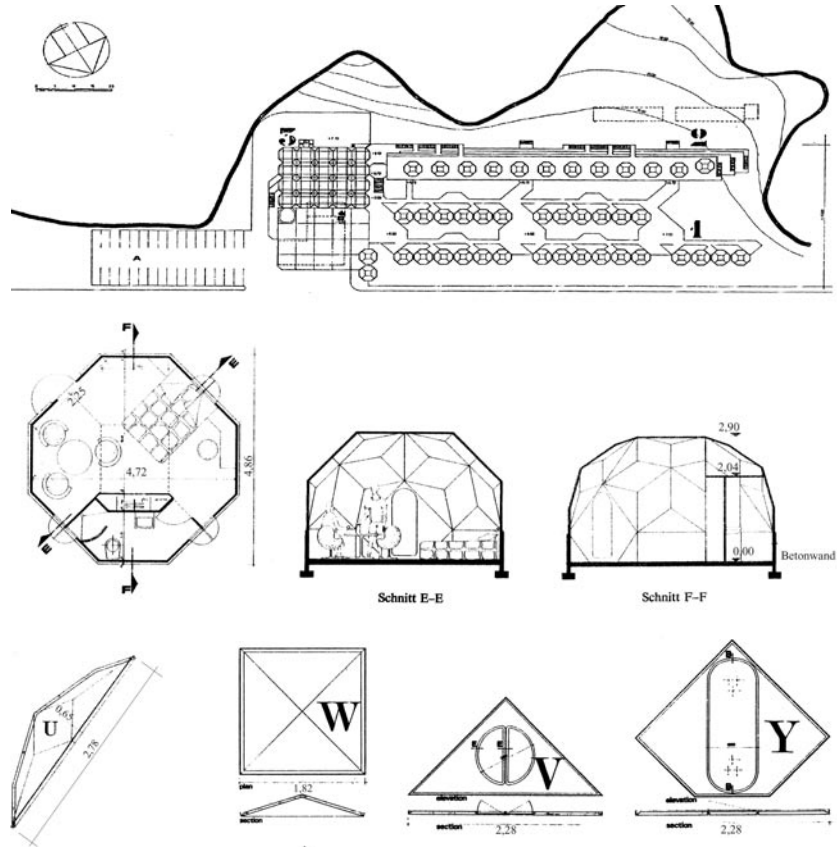
geodätische Kuppel
Zweithaus / Schutzhaus



Charm el Sheik (Sharm e-Sheikh) Bungalow, Israel, heutiges Ägypten

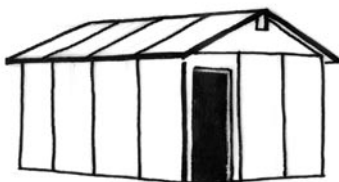
Arch./Ing.: Ariel Sharon, Eldar Sharon und Partner, Tel Aviv
Ing.: C.B.L. Foberglass Engineering Ltd.
18,3 m² Grundfläche, x-Eck als Polyeder,
Mischkonstruktion aus Tafelplatten und räumlichen Elementen
GFK – PUR-Schaum – GFK
oberstes Abdeckelement Lichtkuppel
Hoteldorf mit 30 Bungalows

- Coques en Plastique - Hotel a Charm el Cheikh.
In: *technique & Architecture* Nr. 295, November (1973), S. 98-99
- Ferienhotel in Sharm-E-Sheikh. In: *Baumeister* Heft 6 (1974), S. 650-651



1967 / 07

Tafelbauweise
Zweithaus / Schutzhaus



PPL Cabin (PPL-Montagehaus), Canada

Herst.: Protective Plastics Ltd., Don Mills, Ont.
Standort: Quebec
17 m² Grundfläche
GFK – PUR-Schaum – GFK
mehrmalige Ausführung

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1967/15

1967 / 08

Raumzelle
Zweithaus / Schutzhaus



Spitzbergen Iglu, BRD

Herst.: Friedrich Vorländer, Würzburg
Forschungsstation
6 m² Grundfläche,
GFK – Schaum – GFK
mehrmalige Ausführung

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1967/19

Arch./Ing.: Jean Maneval, Ifert + Meyer

Herst.: Alco; Bati-Plastique, Dubigeon, Normandie Frankreich, Faser-Spritzverfahren

6-Raumteile sternförmig um Mittelteil gruppiert, 36 m² Grundfläche

GFK – PUR-Schaum – GFK, 2,5 mm – 40 mm – 2,5 mm,

räumliche Elemente je 150 kg

an zentralem Stahlskelett des Bodens und untereinander verschraubt

Acrylglasfenster in Gummidichtung

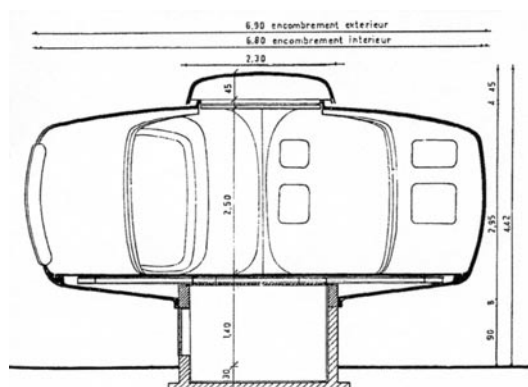
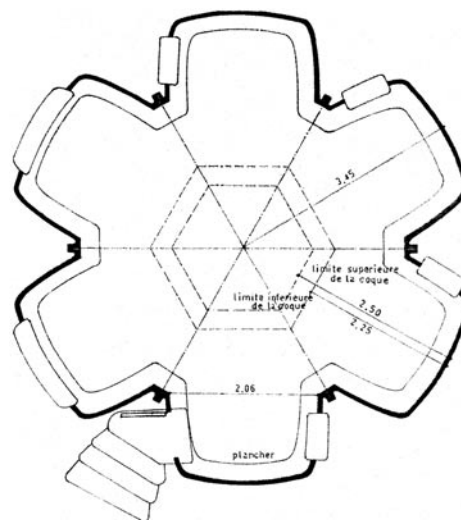
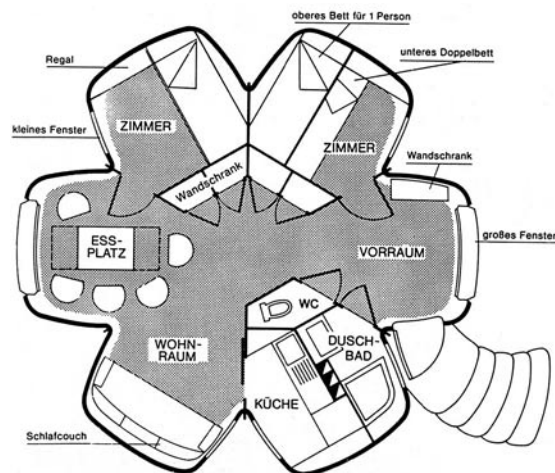
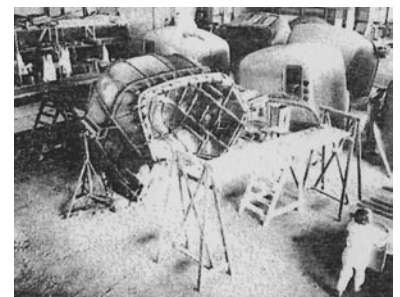
mehrmalige Ausführung, ca. 100 Stück, Siedlung 1998 abgebaut, existent

- Audouin, Jean: une reconversion réussie.

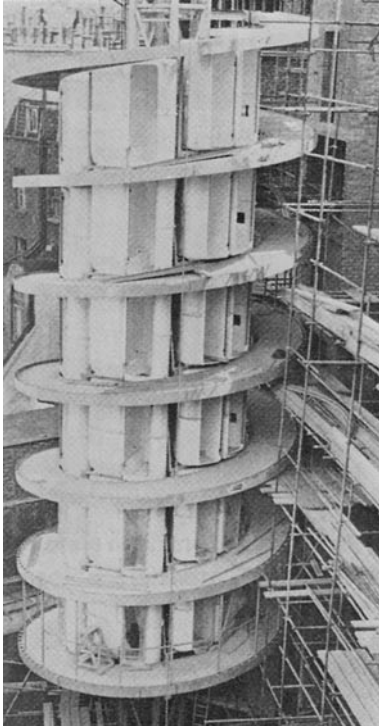
In: *Plastiques Batiment* Heft 110 Oktober (1967), S. 20-21

- Schwabe, Amtor: Kunststoffhäuser zu verkaufen. In: *Kunststoffe - Plastics* Heft 9 (1969), S. 342

Schale
Zweitthaus / Schutzhau



Raumzelle



Bathroom-Tower, GB

Entw.: Farrell + Grimshaw Partners Ltd.

Herst.: Integral Plastics Ltd.

2-teilige GFK Zellen (Ober- und Unterteil), verschraubt, dauerelastisch verfugt

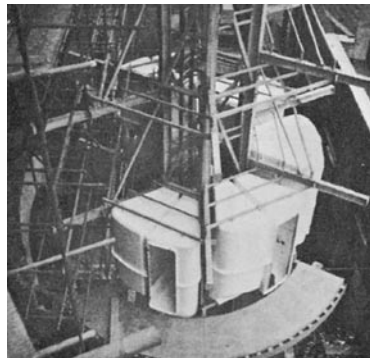
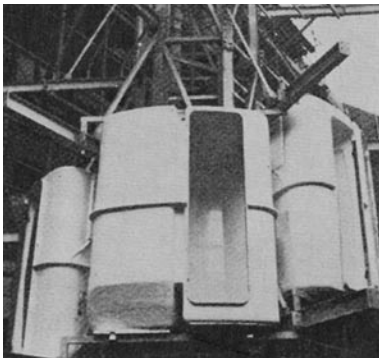
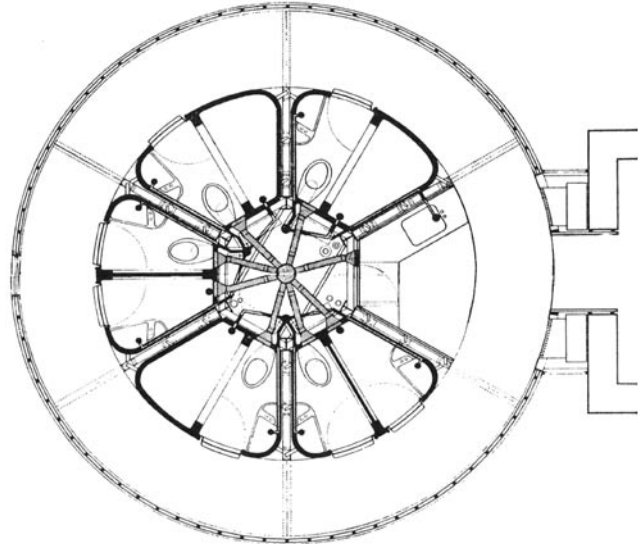
Fußboden und Wannenboden mit Spanplatten verstärkt

verschiedene Ausstattung, mit Wasch-, Dusch- bzw. WC-Raum

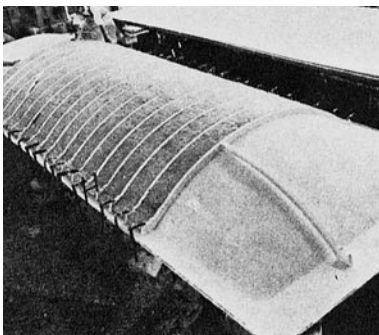
42 Zellen in Internationalen Studentenhotel in Sussex-Garden, Paddington, London

12 als Dusch-Waschzelle, 12 WC-Zellen, 18 mit Badewanne, WC, Waschtisch

- Knappke, Gerhardt; Pfaff, Karl-Heinz: *Sanitärzellen*. Wiesbaden [u.a.]: Bauverlag, 1975, S. 195



Schale
Überdachung



Schwimmbad Berchtesgaden, BRD

Herst.: Reinke KG

GFK-Dachschalen, 9,1 m x 3,1 m, 60 cm Scheitelhöhe,

Sandwichelemente als Dachschalen,

GFK – Mineralwolle – GFK, 4 mm – 70 mm – 2,75 mm

mehrmalige Ausführung, diese Schwimmhalle 1994 abgerissen

- Schwabe, Amtor: Freitragende Konstruktionen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Band 58 Heft 12 (1968), S. 871

- FOMEKK: Archivmaterial



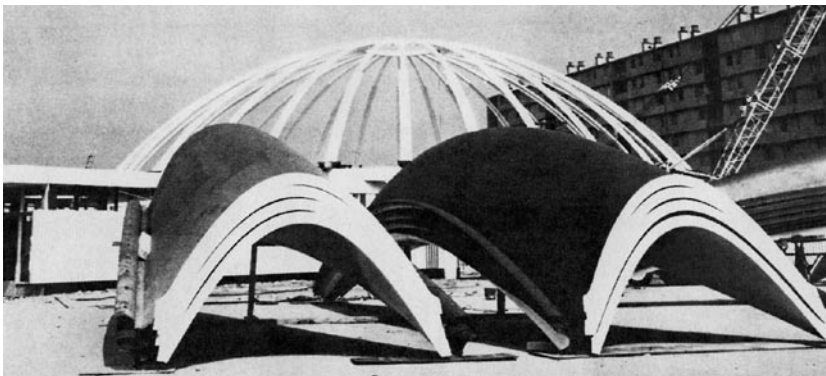
Arch./Ing.: Stephane DuChateau

vorgefertigte hyperbolische Paraboloid als Kuppel,
30 einschalige GFK-Dachschalen (mit Stahlrohrrippen unter den Stößen)
30 m Hallendurchmesser, Schalenbreite am Fuß 3 m,
Materialdicke 6 mm, Gewicht je Schalenelement 400 kg
drei mal ausgeführt (18 m bis 30 m Durchmesser)
Standort: Marché Liot-Curie, Place du Capitain Chauvelot, Argenteuil
existent

Schale
Überdachung



- une réalisation promise à un bel avenir: le marché couvert d'argenteuil. In: *Plastiques Batiment* Heft 110 Oktober (1967), S. 16-17
- Audouin, Jean: une reconversion réussie. In: *Plastiques Batiment* Heft 110 Oktober (1967), S. 16-17
- DuChateau, Stephane: Die Kunststoffanwendung bei weitgespannten Überdachungen. In: *plasticonstruction* Heft 2 (1972), S. 57
- Voigt, Pamela: Archivmaterial, Exkursion Paris, 2006



Pausenhof-Überdachung Realschule Geislingen, BRD

1967 / 13

Entw., Herst.: Heinz Isler

Überdachung eines Innenhofes

ca. 20 m x 20 m Spannweite

Faltwerk aus Sandwichplatten, aus dreieckiges Raster
auf Pendelstützen gelagert, um große Wärmedehnung von einigen Zentimetern aufnehmen zu können

Klappfenster im Scheitel, als Lüftung und Rauchabzug
einmalige Ausführung, existent

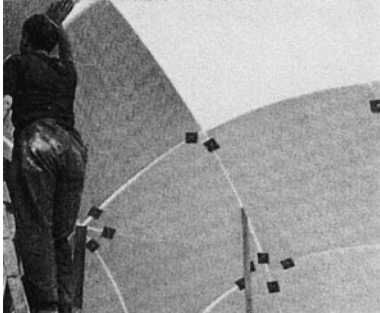
Platte
Überdachung



- Isler, Heinz: Kunststoffe für tragende Bauteile - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: 1975, *Schriftenreihe*, S. 25



Kuppel
Gebäudehülle



schematischer Ablauf des Verfahrens:
A-B-C Abnehmen der Form mit einem
Phantographen
D-E Modell im Maßstab 1:10 aus
thermoplastischem Kunststoff
F Steuergerät
G-H-I- verofrmbare Form für die Herst.
der Paneele: Membrane wird durch Kolben
(36 pro m²) verstellt
M-N-O Faser-Harzspritzverfahren

Konstruktionssystem einer doppelt gekrümmten Schale für XIV Triennale Mailand, Italien

Arch.: Renzo Piano u. Forschungsinstitut
F. Marano, O. Celadon, G. Fascioli

Methode zur Umsetzung von „freien“ Schalen, doppelt gekrümmt
einzelne Sandwich-Paneele 2 m x 2 m, an Ränder wurden Glasfasern erst während der Fügung zur
Kuppel mit Harz getränkt, wird in Literatur fälschlich als Schweißen bezeichnet, ist nachträgliches
Handlaminieren vor Ort
Prototyp war Kuppelschale

- Makowski, Z.S.: Strukturen aus Kunststoff von Renzo Piano.

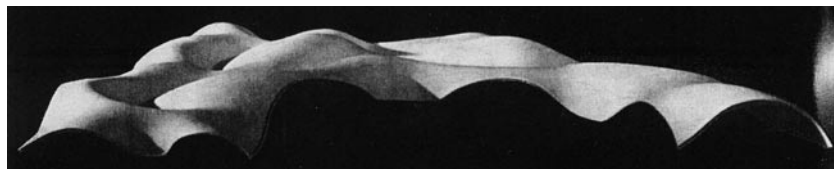
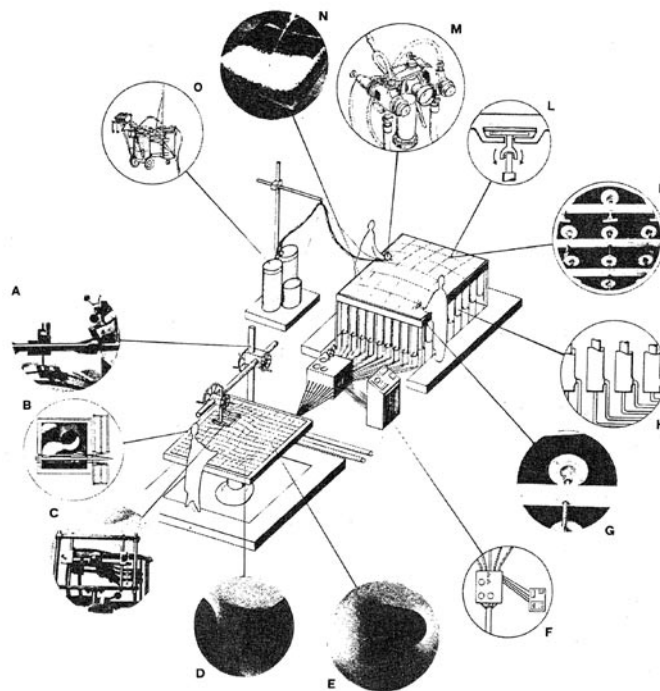
In: *Bauen + Wohnen* Heft 1-6 (1970), S. 113-119

- Buch: Compagno, A.: Renzo Piano: *Eine methodische Suche nach Kompetenz*.

Institut für Hochbautechnik ETH Zürich, Bericht Nr. 16 (1991), S. 60-65

- Makowski, Z.S.: les structures en plastiques de renzo piano.

In: *Plastiques Batiment* Nr. 126 Februar (1969), S. 14-16



Standort: Altstadt/Hessen

Entw. und Herst.: fg design, Wolfgang Feierbach, Altstadt/Hessen, Handauflegeverfahren

115 m² Wohnfläche in OG

aus Wand- und Dachelementen zusammengesetzt

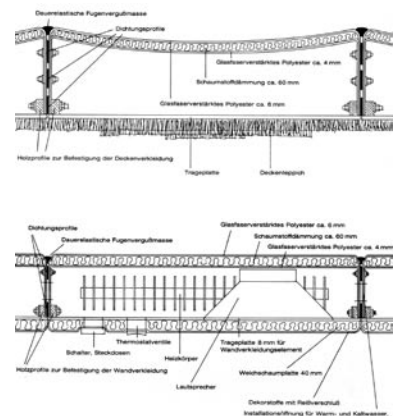
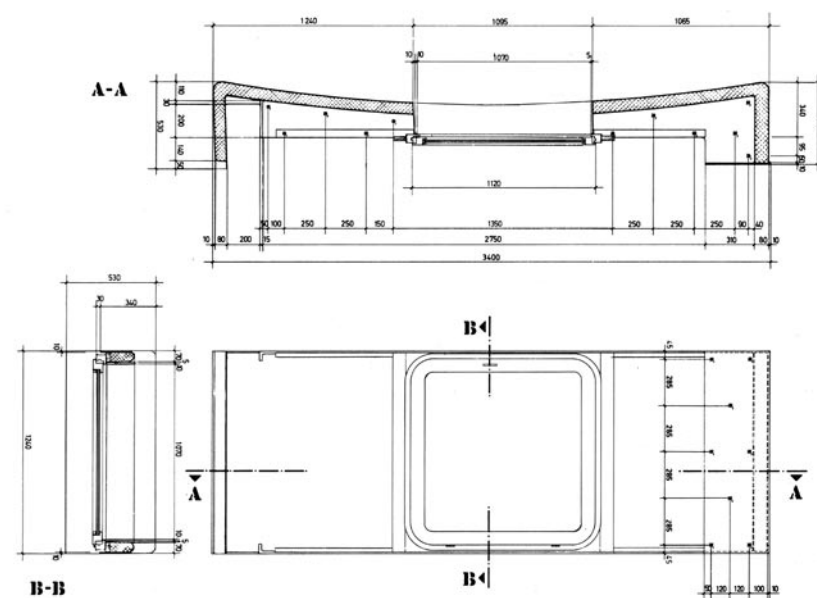
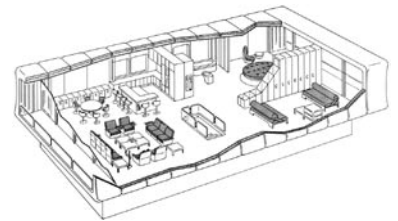
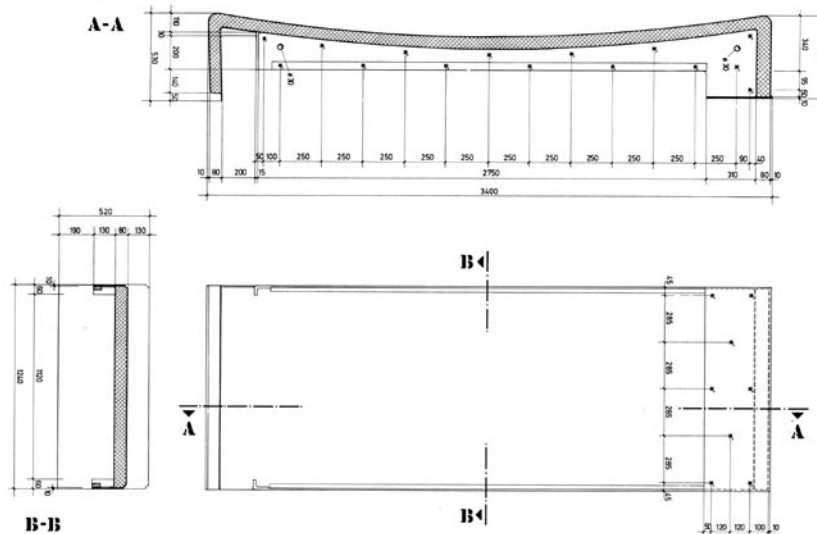
Wandelement: 1,25 m x 3,40 m, Dachelement 1,25 m x 10,50 m

Spanplatte – Luft – GFK – PUR-Schaum – GFK

zweimal realisiert, existent

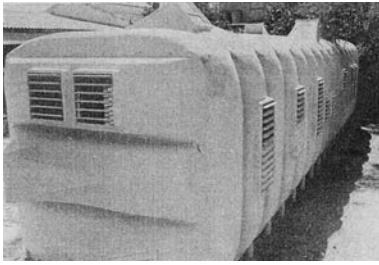
Wohnhaus

- Feierbach, Wolfgang; Misske; M.: Kunststoffhaus fg 2000. fg design Altstadt: 1970, *Planungsmappe*
- Feierbach, Wolfgang: Zulassung Bausystem fg2000. Altstadt: 1973, *Presseinformation*



1968 / 02

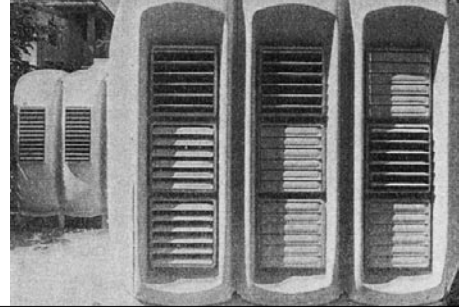
Schale
Wohnhaus



Kubanisches Kunststoffhaus, Kuba

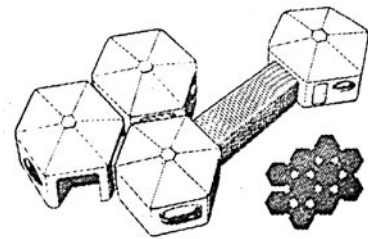
Arch.: Hugo d'Acosta Calheiros, Mercedes Alvarez
0,90 m x 2,70 m ein Bauelement, aneinandergereiht
gekrümmte Elemente: Vertiefung nach außen - Verschattung; Vertiefung nach innen - Schränke
auch als mehrgeschossige Bauweise entwickelt
Prototyp, abgerissen

- Forum: Kunststoffhaus aus Kuba. In: *Bauen + Wohnen* Heft 2 (1971), S. 38



1968 / 03

Platten
Wohnhaus



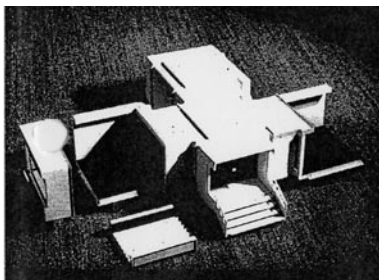
Modular Housing System, GB

Cholera-Station in Westbengalen
Herst.: Wight Plastics Ltd., Isle of Wight
6-eckiges System in Tafelbauweise, 14 m² Grundfläche
GFK – PVC-Hartschaum – GFK, ohne Boden
mehrm. Ausführung

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1968/19

1968 / 04

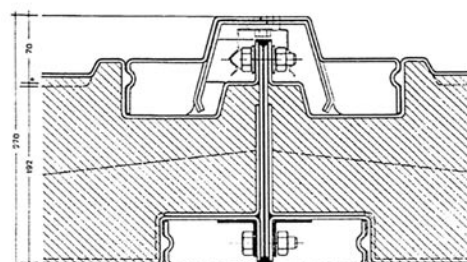
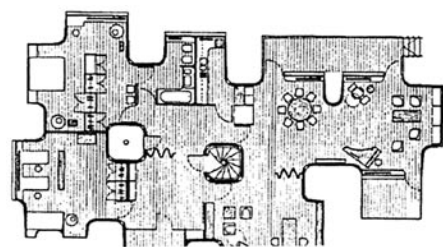
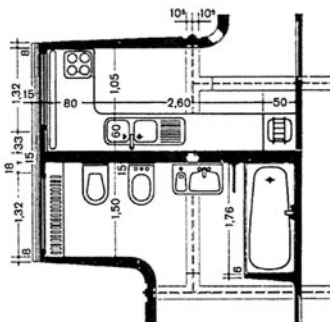
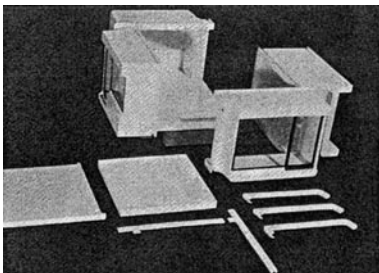
Raumzellen
Zweithaus / Schutzhaus



Fertighaus Bauelemente, BRD

Arch. Schüler + Witte, Berlin
Herst.: BASF
viereckige Raster mit räuml. Elementen
GFK – PUR-Schaum + anorg. Zuschl. – GFK
Prototyp

- Schüler, Witte: R.F.A. Système de construction par éléments volumiques.
In: *techniques & Architecture* Heft 3 (1971), S. 40



Arch/Ing.: Matti Suuronen und J. Ronkka

Herst.: Oy Polykem AB, Helsinki

16 Einzelsegmente bilden Ellipsoid, gelagert auf Stahlring, Falltreppe als Eingang

Durchmesser 7,80 m, 50 m² Grundfläche

GFK – PUR-Schaum – GFK, Fenster PMMA, 5 mm – 40 mm – 3 mm

Rillen in Außenseite der Dämmschicht angebracht, Ablauf des Tauwassers (Skizze)

inklusive Möblierung als Ferienhaus angeboten

Gewicht: 3000 kg

mehrmalige Ausführung, verschiedene Farben, existent

Schale
Zweithaus / Schutzhau

- Home, Marko; Taanila, Mika: *Futuro – Tomorrow's House from Yesterday*.

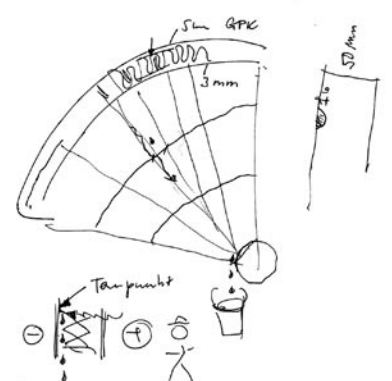
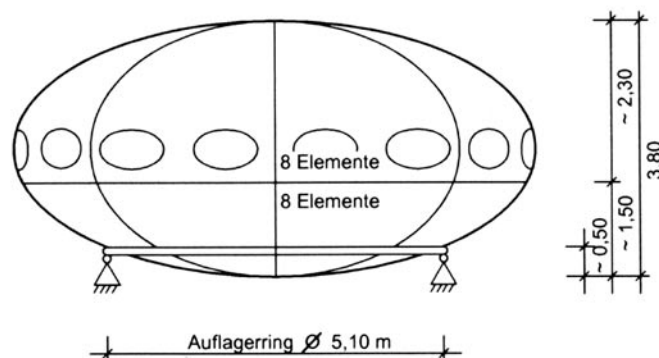
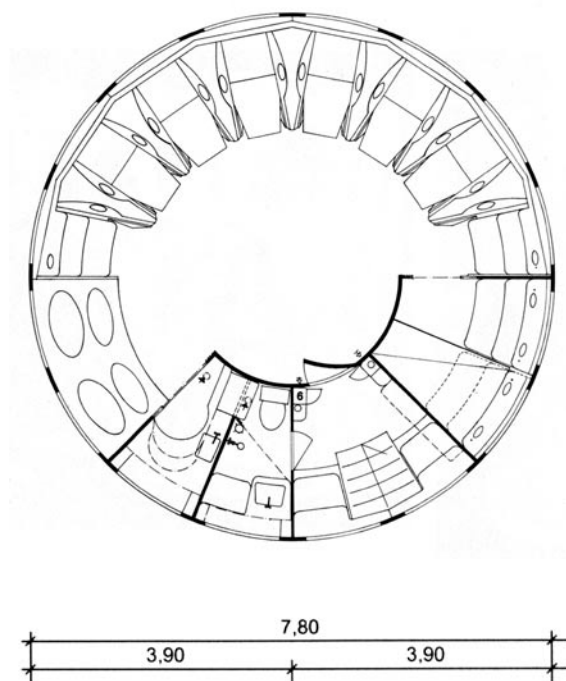
Helsinki: Desura Oy Ltd., 2002

- FOMEKK: Futuro Nr. 013, Berlin, 2004, - *Archivmaterial*

- Suuronen, Matti: Espoo, 2004, - *Archivmaterial*

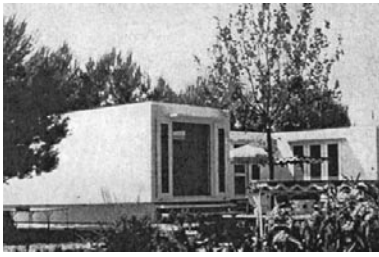
- Genzel, Voigt: *Kunststoffbauten Teil1: Die Pioniere*. Weimar Universitätsverlag, 2005

- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart : Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 47



1968 / 06

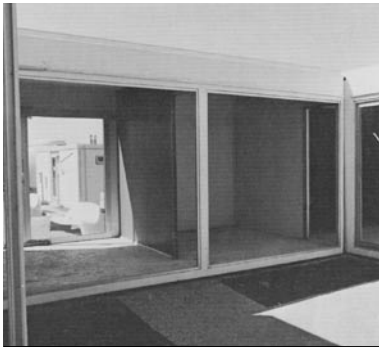
Platten
Zweithaus / Schutzhaus



Henon AN 2000, Frankreich

Arch./Ing. Henon,
Herst. Albert Henon
21 m² Grundfläche, Höhe 2,60 m, b = 2,85 m, L = 7,5 m
GFK – Hartschaum – GFK
aus Sandwichplatten zusammengebaute Zelle, Innenausbau mit Holzplatten
mehrmalige Ausführung

- Doernach, Rudolf: *ika '72 – 2. Internationale Kunststoff-Haus-Ausstellung der Welt*. Lüdenschied: Ausstellungskatalog, 1972, S. 37
- Schwabe, Amtor: Kunststoffe dringen in das Gebiet der Konstruktion vor.
In: *Deutsches Architektenblatt (DAB)* Heft 7 (1970), S. 260



1968 / 07

Falte
Zweithaus / Schutzhaus



Mujeres Ferienhaus, Mexiko

Standort: Mujeres Inseln
Arch./Ing.: Juan Jose Diaz Infante
Mexiko City, Faltenkonstruktion aus räuml. Elementen, 55 m² Grundfläche
Sandwichbauweise
GFK – PS-Schaum – GFK
300 Stück auf mehreren Inseln errichtet

- Kunststoff-Überdachungen.
In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1972), S. 38
- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*.
Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 41



1968 / 08

Falte als Platten wirksam
Zweithaus / Schutzhaus



BP Tankstellengebäude, GB

Entw.: Polyplan Ltd., Leicester
Herst.: BP Plastics, Standort Baldock
Bauherr: BP Petrol
Tafelbauweise, 2,30 m x 9,25 m Fassadenplatten an Holzrahmen
GFK – PUR-Schaum – GFK – PUR-Anstrich, 3 mm – 29 mm – 3 mm
Dach: GFK-Platten 6,75 m x 1,04 m an zentralem Stahlträger
Prototyp



- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 136
- Eales, Roy: Service station of the '70s? In: *Modern Plastics* Oktober (1969), S. 59

Entw., Herst.: Mickleover Transport Ltd.

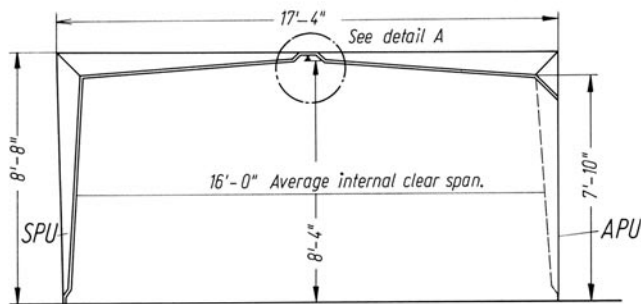
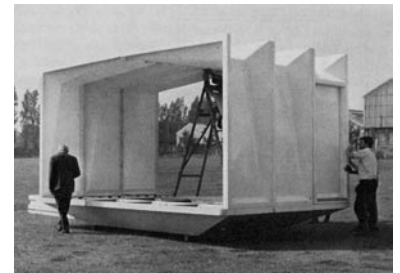
Arch.: James Dartford

Faltplattenkonstruktion aus L-förmigen Sandwichelementen mit GFK und Phenolharzschäum 19 mm, kann aber auch einschaliges GFK-Faltwerk sein, paarweises montieren, Portalrahmen mit Normbreite von 1,026 m, lichte Weite normalerweise 5,23 m, auf 9,14 m erweiterbar
9 kg/m² Konstruktionsgewicht,
ein Element ca. 70 kg
mehrmalige Ausführung

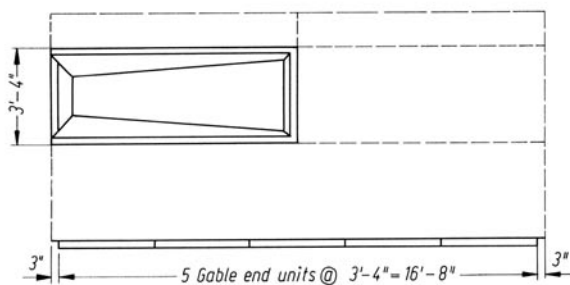
- *Plastique Batiment* Heft 122 Oktober (1968), S. 13

- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 491-492

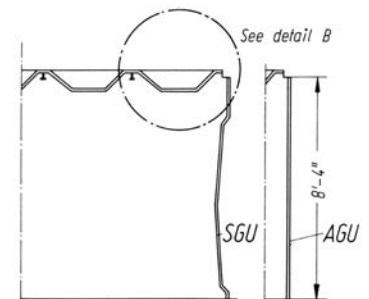
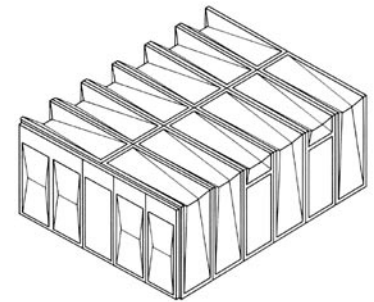
Falte
Zweitthaus / Schutzhaus



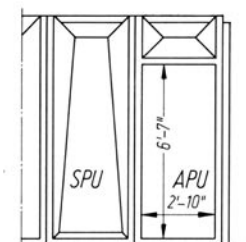
Typical cross-section



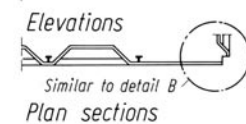
Part plan of building



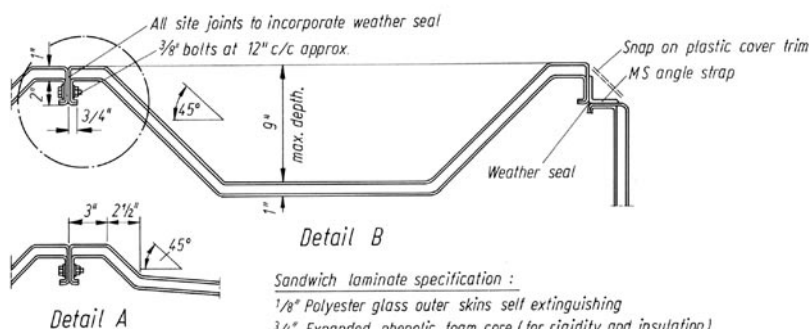
Longitudinal section



Elevations

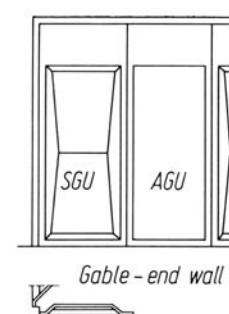


Plan sections



Sandwich laminate specification :

1/8" Polyester glass outer skins self extinguishing
3/4" Expanded phenolic foam core (for rigidity and insulation)



Gable-end wall

SPU standard portal unit
APU aperture
SGU standard gable end unit
AGU aperture

1968 / 10

Röhre
Raumzelle



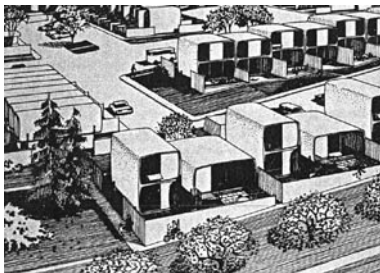
CF 10, FIN

Arch.: Matti Suuronen
Herst.: Polykem AB, Helsinki, FIN
9 m² Raumzelle als Kiosk, Garage, Büro
Breite 2,4 m, Höhe 2,6 m, Länge 3,7 m
GKF – Schaum – GFK
mehrmalige Ausführung, in Kombination mit CR 100/200 vorzufinden, existent

- Suuronen, Matti: Ansio – Ja Työluettelo. Espoo, 1983. - *Firmenschrift*
- Forum: Tanstelle aus GFK-Schalen und GFK-Raumeinheiten.
- In: *Bauen + Wohnen* Heft 11 (1972), S. 484

1968 / 11

Röhre
Raumzelle



Filament Wound Home, für US Dept. of Defence, USA

Arch./Ing.: Paraskevopoulos, Architectural Research Institute Univ. Michigan
Herst.: Aerojet-General Corp. und Univ. Michigan
eine Zellstruktur 68 m² Grundfläche
1-2 geschossig, addierbare Einheit
GFK – PUR-Schaum – GFK

- Kestler, Julian: Facing the housing challenge. In: *Modern Plastics* Heft Mai (1969), S. 63-66
- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 461

1968 / 12

Falte
Gebäudehülle



Lagerhaus im Kunstharzwerk der Firma Scott Bader bei Wollaston, Northamptonshire, GB

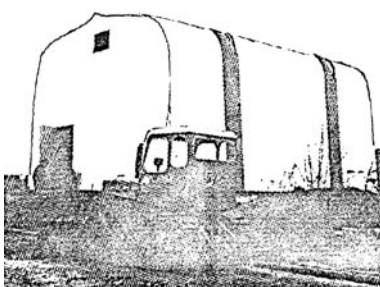
Entw.: Scott Bader Services Ltd.
15,5 m x 15 m und 6 m bis Traufkante, verlängerbares Gebäude
GFK-Dachwerksträger aus Pyramidenelementen, jeweils 320 kg, Elementbreite von 1,25 m
Seitenwand aus 12 gleichen Faltwerk-Wandelementen, 1,25 m breit
Plattenkanten sind örtlich mit GFK-Rippen verstärkt, 68 kg
einmalige Ausführung



- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 497-498
- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 64
- Engineering Equipment Users Association: *The use of plastics materials in building*. Constable London Press, 1973, S. 122

1968 / 13

Schale
Gebäudehülle



Philips Meßhalle, NL

Schutzhalle für Antennen und Meßgeräte
Herst.: Mulder & Rijke (Schiffsbau), Ljmuiden
100 m² Grundfläche
Schalenkonstruktion aus räumlichen Elementen, GFK
einmalige Ausführung

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1968/22

Waschtunnel für LKW
 Arch.: Arthur Quarmby
 Herst.: Mickleover Ltd. London,
 Grundfläche 110 m²,
 Faltragwerkkonstruktion aus räumlichen Elementen aus GFK
 einmalige Ausführung

Falte
 Gebäudehülle



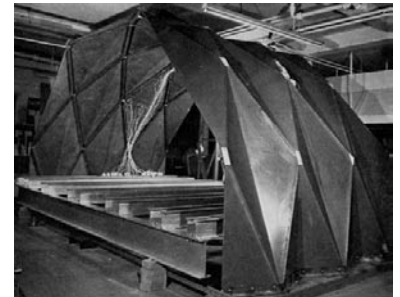
- Makowski, Z.S.: les applications structurales des plastiques dans l'industrie du bâtiment. In: *Plastiques Batiment* Heft 122 Oktober (1968), S. 11
- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 59

Falttragwerke, GB

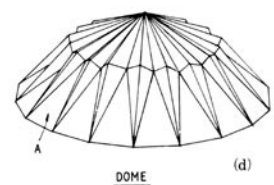
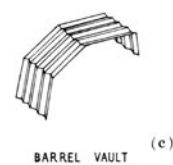
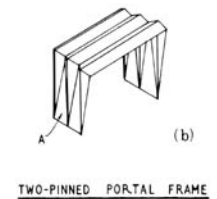
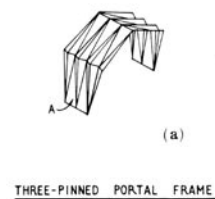
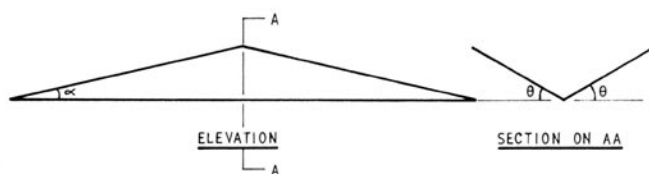
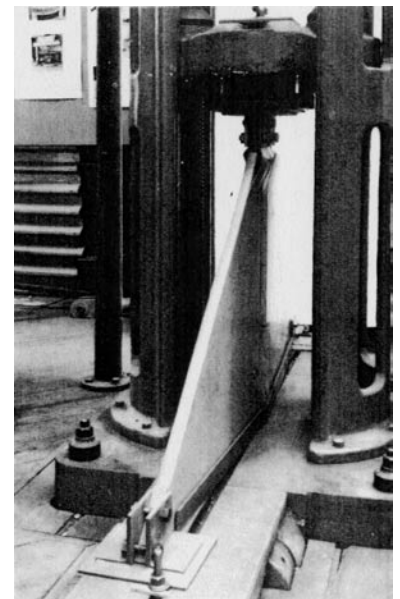
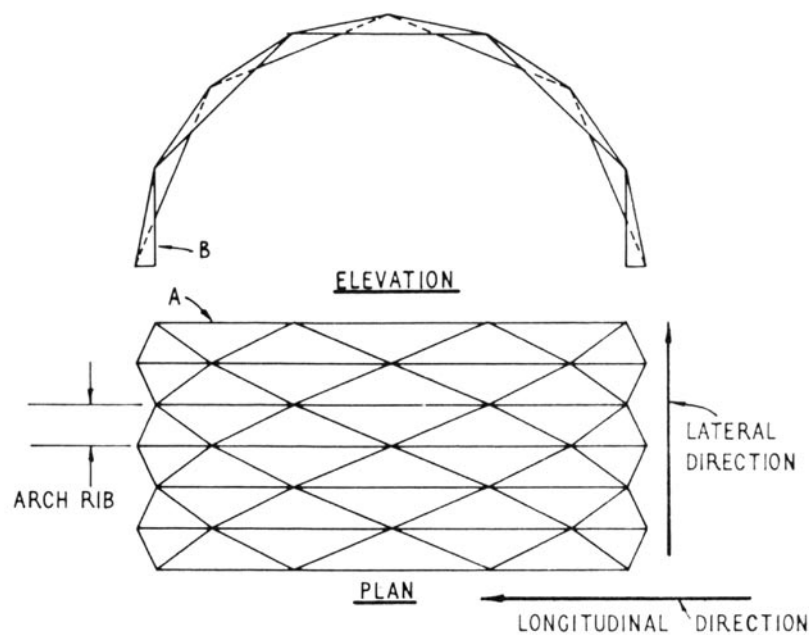
1968 / 15

Entw.: B. S. Benjamin
 an der University of Surrey entwickelte Faltragwerke aus GFK, ab 1962 Forschungsgruppe
 unter Leitung von Z. S. Makowski

Falte
 Gebäudehülle



- Makowski, Z.S.: le centre de recherches sur les éléments de structure en plastiques à l'université du surrey. In: *Plastiques Batiment* Heft 121 September (1968), S. 12-24
- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 489
- Benjamin, B.S.: *Structural Design with Plastics*. Polymer Science and Engineering Series. London: Van Nostrand Reinhold Company, 1969, S. 139



Antennenschutz, ČSSR

auf Berg Jested

Turm für Funkverbindungstechnik und als Hotelzentrum

Arch.: Hubáček, Liberec

Ing.: Patman, der Ummantelung Dr.-Ing. Ladislav Nováček (Fakultät Bauwesen, Prag)

Ummantelung der Plattformen der Fernmeldeantennen mit gitterförmigen Tragkonstruktion und Sandwich-Wandelementen als einteiliger Rotationshyperboloid,

12 m Höhe, Radius oben: 5,32 m, Radius unten: 10,75 m

Aufbau als dreieckiges Raumfachwerk: 64 vorgespannte GFK-Stangen, 15 m Länge, 20 mm Durchm.,

in Kreuzungspunkten waagerechte GFK-Rohre, 40 mm Durchm., mit 10 mm Wanddicke

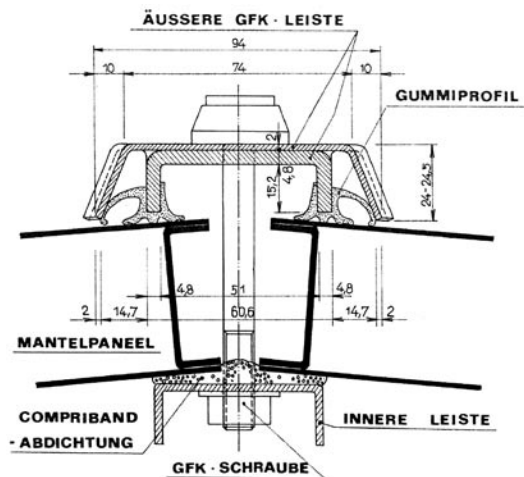
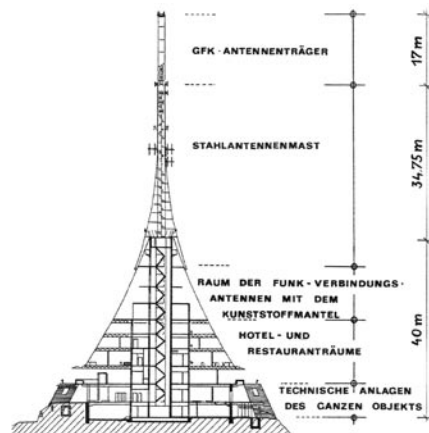
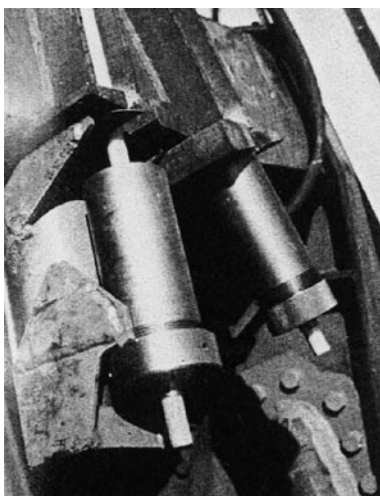
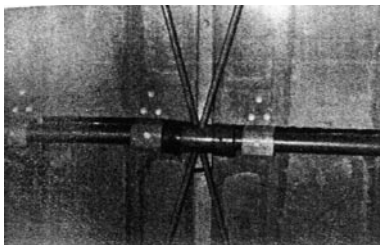
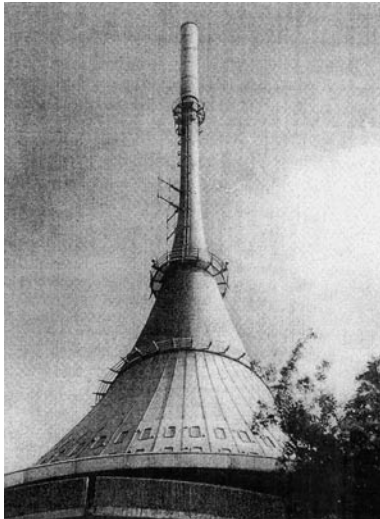
an diese Tragkonstruktion sind Außenpaneele in Trapezform angehängt, in sechs unterschd. Größen von 7,03 m² bis 29,7 m², 1,2 mm GFK – 47,6 mm Polyurethan – 1,2 mm GFK, vier versteifende GFK-Rippen pro Platte als doppel-T-Träger Stegdicke 4 mm, Flanschdicke 2 mm

Turmspitze: insg. 17 m röhrenförmiger Antennenträger, aus 5 Ringen (je 3,4 m lang)

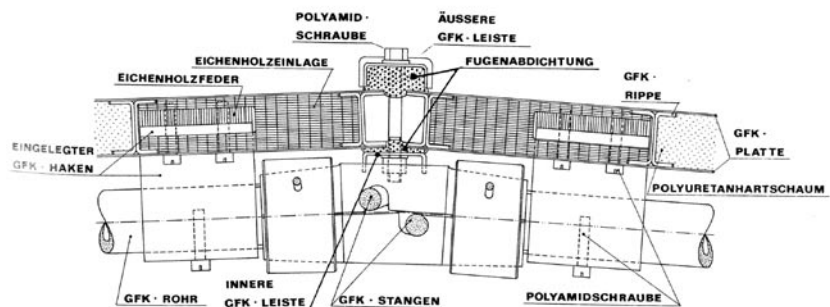
1,90 m innerer Durchm., 12 mm GFK

Verschraubung mit Polyamidschrauben und Verkleben der Flansche mit Epoxydharz

einmalige Ausführung

- Jelínek, František: 8 Jahre Erfahrung mit einem Antennenschutz aus Glasfaserkunststoffen in der ČSSR. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1977), S. 1-6- Büttner, Oskar; Hampe, Erhard: *Bauwerk Tragwerk Tragstruktur* Band 2. Berlin (Ost): VEB Verlag für Bauwesen, 1984

HORIZONTALSCHNITTZEICHNUNG



in Lincoln und in Aberdeen

Design: John West, R. Bouverie

30 m x 15 m, Höhe 5,4 m

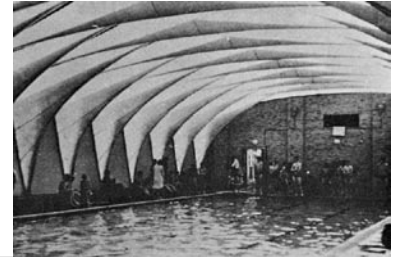
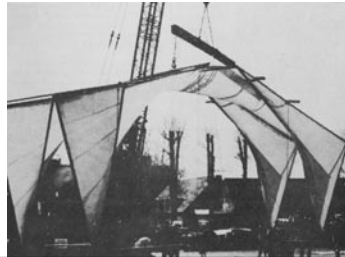
2 verschd. rhombenförmige hyperbolische Paraboloiden aus GFK, untereinander und mit Betonfundament verschraubt, transluzent hellblau eingefärbt
2,5 mm Crystic-348-Polyesterharz und zwei Lagen Glasfaser
zweimalige Ausführung

- Makowski, Z.S.: Tragwerke aus Kunststoffen. In: *Bauen + Wohnen* Heft 6 (1969), S. 222-227

- Saechting, H.: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 503

- Zerning, John: *Design Guide to Antidlastic structures in Plastic*. London: Polytechnic of Central London, 1975 und 1976 S. 55, 57

- Huybers, Pieter: *See-through structuring : a method of construction for large span plastic roofs*. Delft: Techn. Hogeschool, Diss., 1972, S. 29



Fun-Centre, Ekistikit, Sphere-Building-System, GB

1968 / 18

System z.B. als Ausstellungslandschaft auf der "fun fair", als Verkaufs- und Ausstellungspavillon der Baugesellschaft Walkes, GB

Arch/Ing.: Keith Albarn & Partners Ltd.

Herst.: Artech Plastics Engineers Ltd., GB

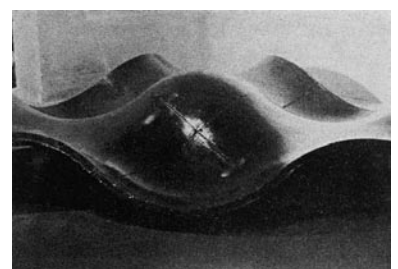
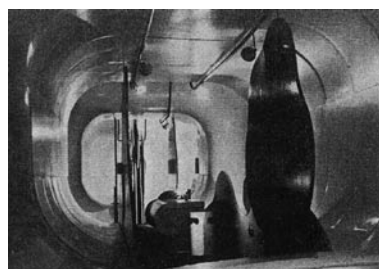
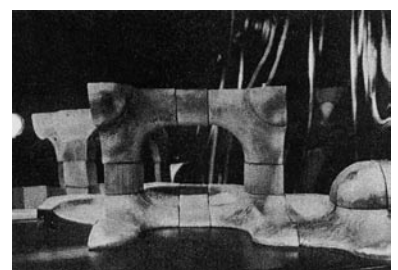
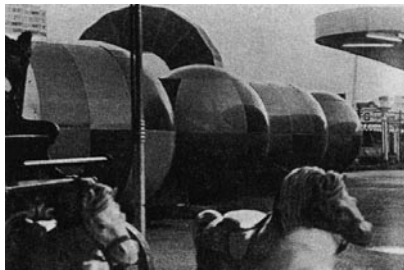
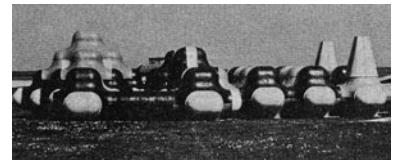
ovale Grundfläche, Durchmesser: 1,20 m bis 2,40 m, Halbkugel/Zylindrische Körper in Schalenbauweise,

GFK – PUR-Schaum – GFK

mehrmalige Ausführung

- Bötschi, Pierre: Neue Tendenzen - Keith Albarn and Partners Ltd., London.

In: *Bauen + Wohnen* Heft 5 (1971), S. 184-185



Pavillon in Vancouver, Canada

1968 / 19

Arch.: Arthur Erickson, Vancouver

einmalige Ausführung

- Makowski, Z.S.: l'emploi des matières plastiques comme éléments structuraux dans le bâtiment.

In: *Plastiques Batiment* Heft 119/120 (1968), S. 21

- Makowski, Z.S.: structures en coquilles plastiques pour toitures.

In: *Plastiques Batiment* Heft 125 Januar (1969), S. 15

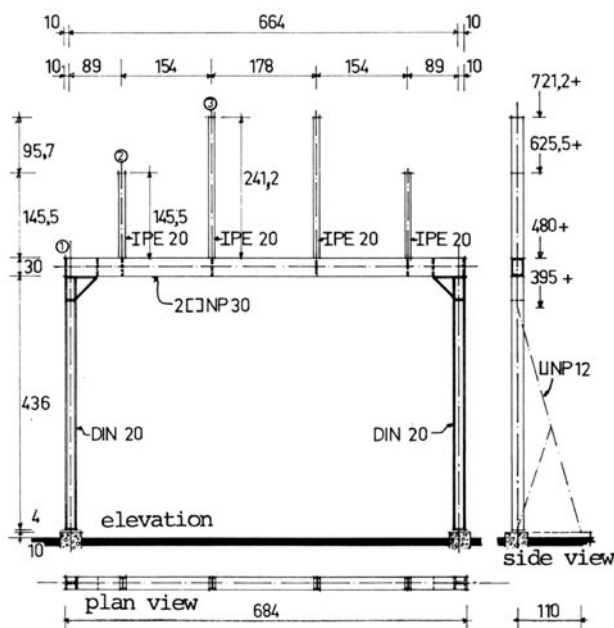
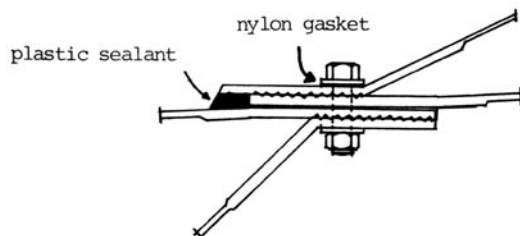
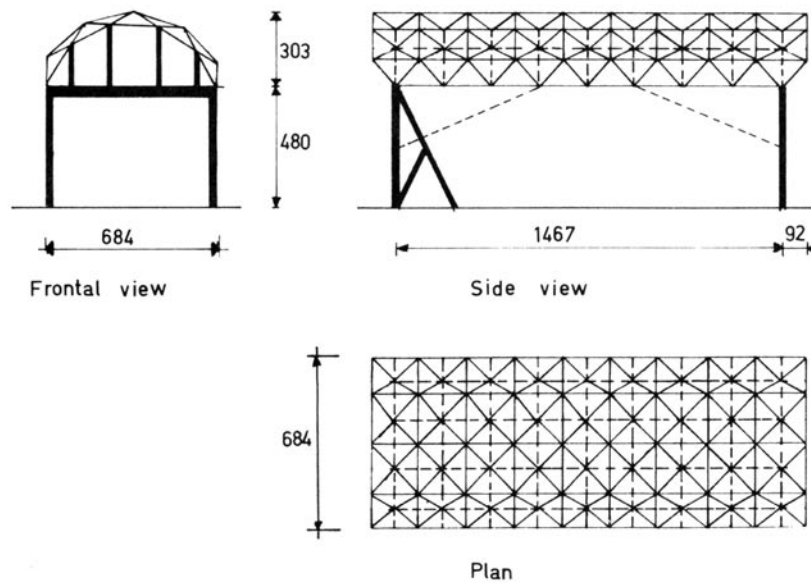


Pilze
Überdachung

Entw.: Forschungsgruppe um Pieter Huybers, Stevin Laboratory of the Civil Engineering Department of the Delft University of Technology
 ges. 6,80 m x 14,70 m, Flächengewicht von 25 kg/m²,
 getragen von zwei aus Stahlprofilen gebildeten Portalen
 Untersuchung verschiedener Elementtypen aus GFK
 Standzeit 9 Monate (14. Juni 1968 bis 23. März 1969)
 Belastungsversuche im August 1970
 Prototyp einer Überdachung, abgerissen

Faltwerk
 Überdachung

- Huybers, Pieter: *See-through structuring : a method of construction for large span plastic roofs*. Delft: Techn. Hogeschool, Diss., 1972, S. 209



Frontal view of steel portal frame



Fig. 265.
Variant I with type 1 element in top, loaded under compression.



Fig. 266.
Element type 1

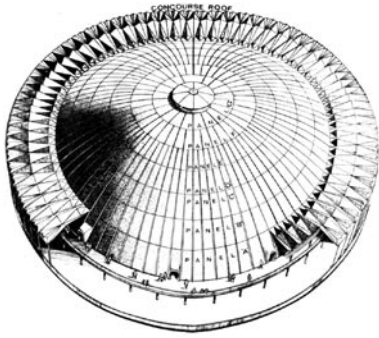


Fig. 267.
Element type 2



Fig. 268.
Element type 3

Platten
Überdachung



Dach über Sportstadt in Bengasi, Libyen

Arch./ Ing.: James Munce Partnership, Details: M. Taylor

Herst.: Mickleover Transport Co. Ltd. London

zwei Kuppeln, 67, 5 m freitragender Durchmesser, einen auf Hauptdach gestützten Ring insg. ca. 90 m Durchmesser

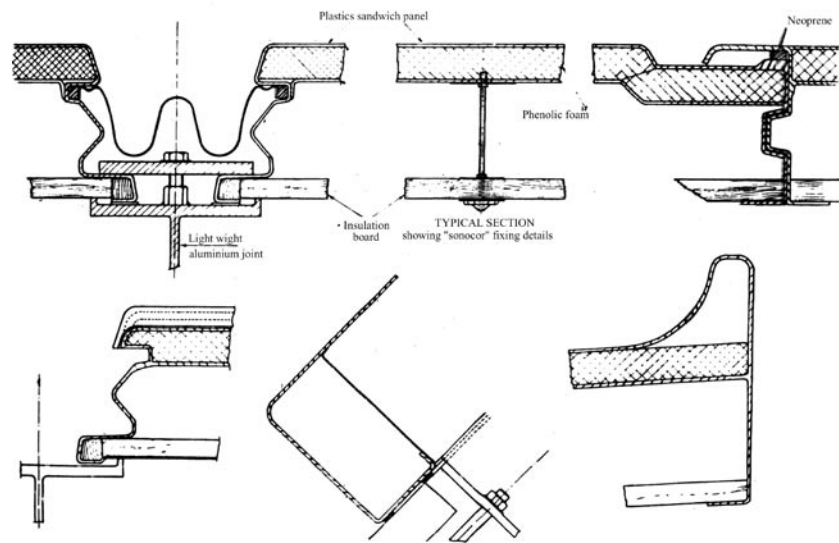
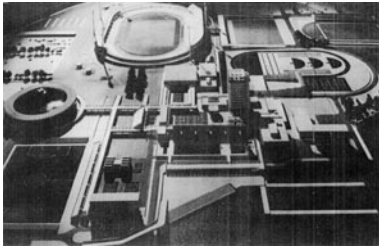
ca. 500 selbsttragende GFK-Sandwichelemente, doppelschalig auf Aluminiumträgern

max. 10,8 m x 3,3 m Elementgröße

einmalige Ausführung

- Makowski, Z.S.: les applications structurales des plastiques dans l'industrie du bâtiment.

In: *Plastiques Batiment* Heft 122 Oktober (1968), S. 14-17



Platten
Wohnhaus



Trigon, Schweiz

Entwurf: Justus Dahinden

Herst.: Kunststoffhaus AG

Außenhaut GFK

Grundfläche ca. 50 m²

Dreiecks-Grundrißeinheiten addierbar zu Sechsecken, steifer Knoten zwischen horizontalen Gitterträgern und Vertikal-Hohlstützen

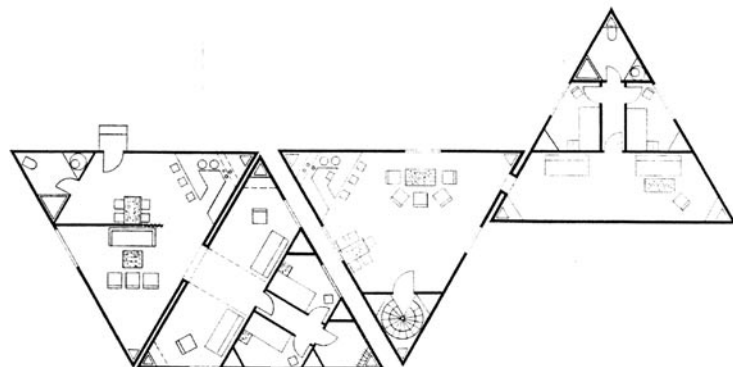
Prototyp (vorgestellt auf der Mustermesse in Basel 1965)

- *Wohnen 2000* – Neue Wohnformen der Gegenwart und Zukunft, Landesbausparkasse, S. 13

- Meyer-Bohe, Walter: das Einfamilienhaus im Zeitalter der Vorfertigung.

In: *Architektur & Wohnform* Heft 4 (1966), S. 300

- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974



Arch.: W. E. Wedin (von Ensculptic III)
an zentralem Mast Nylon Stricke gespannt, Stoffhülle darüber ergibt Bauform
mit Polyurethanschaum besprüht, 3 Inch (7,6 cm), Außenschicht GFK mit 1/4 Inch (0,635 cm)
einmalige Ausführung, existent

Wohnhaus

- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 146
- <http://www.ensculptic.com/index.html>



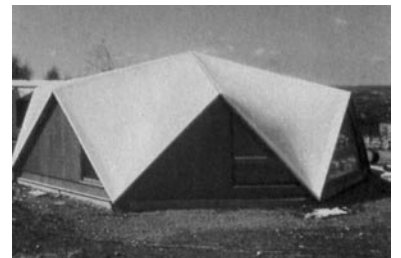
Diamant 4, Belgien

1969 / 03

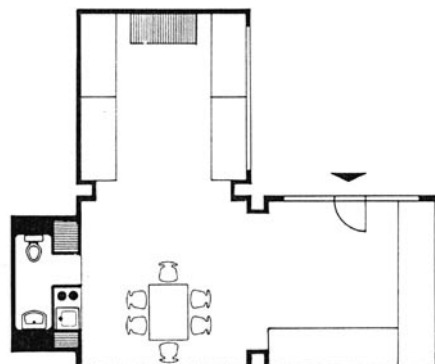
Arch.: F. Deryck
Herst.: PRB SA, Brüssel
quadr. Grundriß, 16 m² Grundfläche, einzelne Typen addierbar
Hyperbolische Paraboloid-Dachschalen in Sandwichkonstruktion
GFK – PUR-Hartschaum – GFK, innere Verkleidung PUR-Hartschaum-Spritzisolierung,
Holzboden
mehrmalige Ausführung

Faltwerk
Zweitthaus / Schutzhaus

3 Typen: Diamant 4 = 16 m² (4 eckig), Diamant 6 = 42 m² (6 eckig), Diamant 7 = 63 m² (7 eckig)

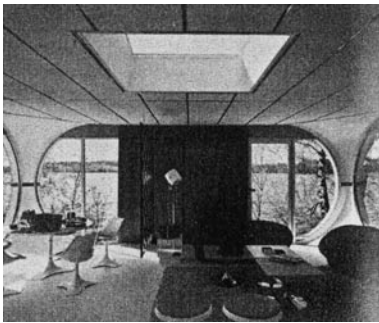


- Schwabe, Amtor: IKA '71: Internationale Kunststoffhaus-Ausstellung in Lüdenscheid.
In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 6 (1971), S. 309
- Doernach, Rudolf: IKA '72 – 2. Internationale Kunststoff-Haus-Ausstellung der Welt. Lüdenscheid:
1972, - *Ausstellungskatalog*, S. 26
- Gay, R.: Wohnen in Kunststoff: vorerst noch nicht. In: *bobby* Heft 21 (1972), S. 50-55, 167



1969 / 04

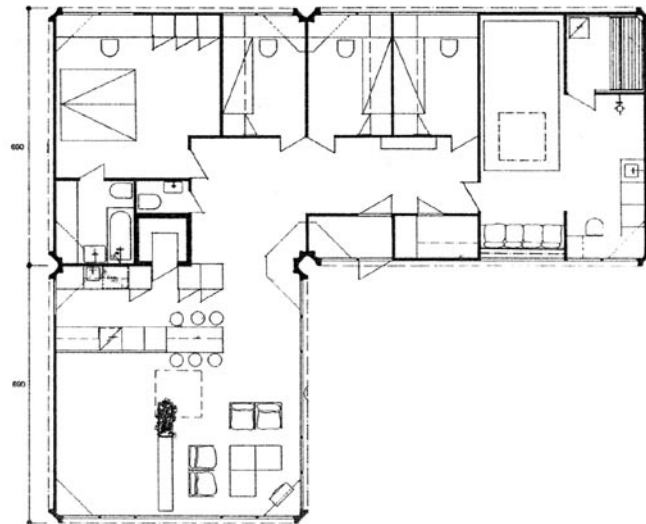
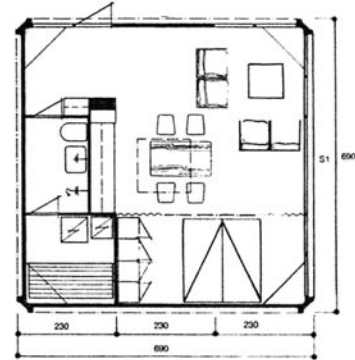
Schale
Zweithaus / Schutzhaus



Venturo, CF 45, FIN

Arch.: Matti Suuronen,
Herst.: Polykem AB, Helsinki
Breite 2,3 m, Höhe 2,7 m, Länge 6,9 m
45 m² Grundfläche, Mischbauweise von räuml. Elementen,
GFK – PUR-Schaum – GFK
mehrmalige Ausführung, existent

- Suuronen, Matti: „Venturo“ – Kunststoffhaus. In: *Bauen+Wohnen* Heft 4 (1973), S. 142-143
- Suuronen, Matti: Ansio – Ja Työluettelo. Espoo, 1983. - *Firmenschrift*
- FOMEKK: Exkursion Helsinki, 2004, - *Archivmaterial*



1969 / 05

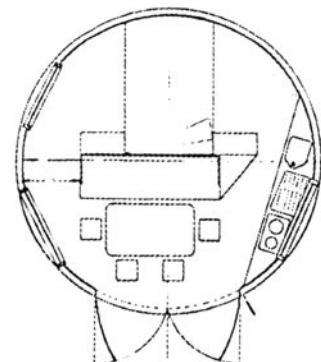
Röhre
Zweithaus / Schutzhaus



Bamy, Schweiz

für Standort Lac de Neuchâtel
Herst.: Moot, Yverdon
zylindrischer Körper in Mischbauweise, Schalenelemente, 13 m² Grundfläche
GFK – PUR-Schaum – GFK
mehrmalige Ausführung

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1969/01

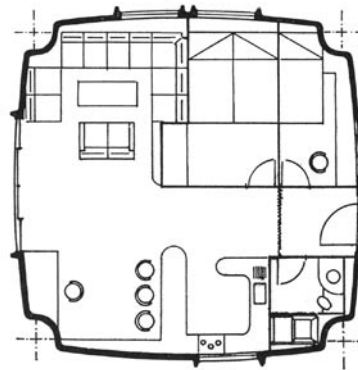


Arch./Ing.: Richter, Essen
 Herst.: Riba Fertighaus GmbH, Siegersdorf
 addierbar, 4-eckig,
 in 3 Größen 28 / 38 / 51 m² Grundfläche
 Schalenkonstruktion
 Textil – Schaum – GFK (anstatt Textil auch Holz oder GFK)
 Standorte z.B.: Lüdenschied - Winkeltyp aus 3 Grundquadraten, offener Grundriss; Villingen/
 Schwarzwald – Winkeltyp, 3 Elemente, Einzelräume; Olympisches Jugendlager München 1970
 Grundeinheiten: 6 m x 6 m, 6 m x 6,7 m, 7,6 m x 7,6 m

Schale
 Zweithaus / Schutzhaus



- Doernach, Rudolf: ika '72 – 2. Internationale Kunststoff-Haus-Ausstellung der Welt. Lüdenschied: 1972, - *Ausstellungskatalog*, S. 27
- In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 5 (1973), S. 14
- Buch: Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 49



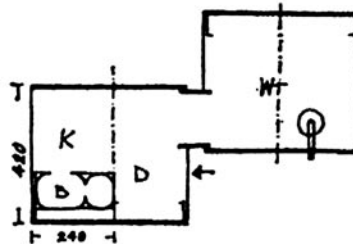
Tub Co., Frankreich

1969 / 07

Entw.: Prof. Patfoort, Thiry et Cie, Ets Louis Julien, Gent
 10 m² Grundfläche pro Einheit
 GFK-Außenhaut – PVC-Schläuche – GFK-Innenhaut, insg. 40 mm
 Kühlwasserzirkulation innerhalb der Schläuche möglich
 Wickelverfahren

Röhre
 Raumzelle

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V.
 (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1969/27



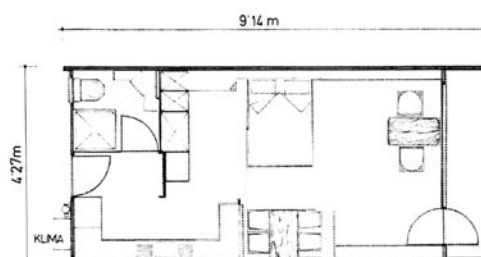
Transstar Villa, Australien

1969 / 08

Herst. Transstar Villa Pty. Ltd.
 39 m² Grundfläche, 4,27 m x 9,14 m
 4-eckige Schalenkonstruktion, im Wickelverfahren hergestellt
 GFK – PUR-Schaum – GFK

Röhre
 Raumzelle

- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 513
- Australien. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1971), S. 125



Rondo, Schweiz

Arch.: Casoni & Casoni, Basel

Herst.: Horlacher AG

7,8 m Durchmesser, 50 m² Grundfläche, Raumhöhe = 3,2 m

Stahlskelett als Fußboden und Übertragung zu drei Stahlstützen

GFK – PUR-Schaum – GFK, 3 mm – 54 mm – 3 mm

geschraubte und geklebte Verbindung,

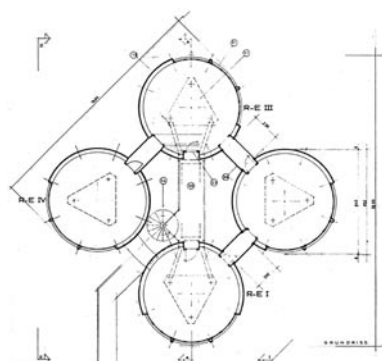
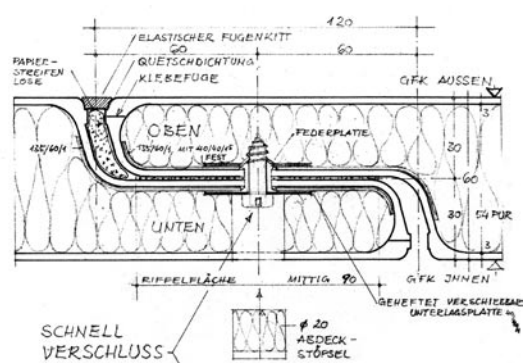
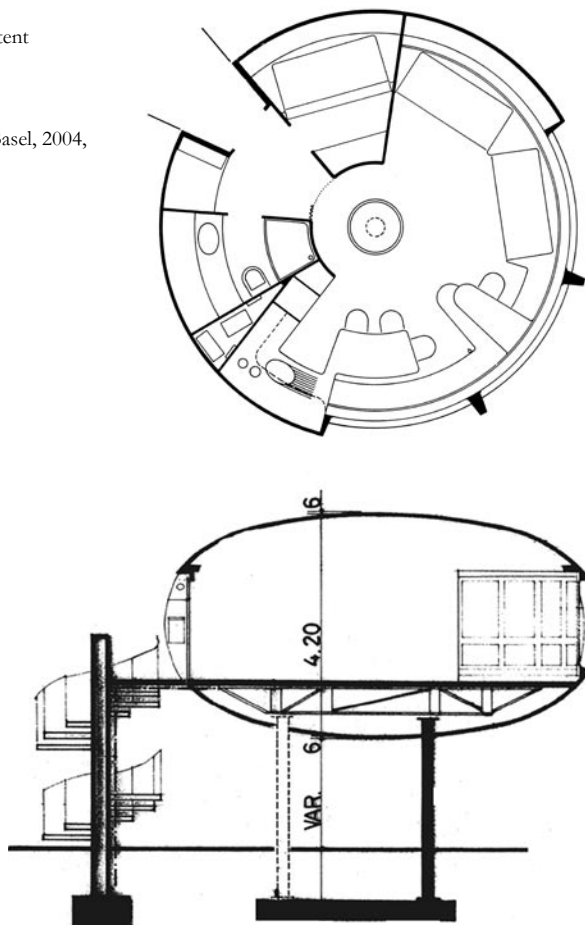
Gewicht ca. 4500 kg

5-malige Ausführung, existent

- Büro Casoni & Casoni, Basel, 2004,

Archivmaterial

- Kunststoffhaus Rondo.

In: *Architektur und Wohnform*
Heft 8 (1969), S. 415

Arch.: Dutler, St. Gallen

Ing.: Heinz Isler, Burgdorf

Herst.: Metallwerk AG, Buchs, Wickelverfahren

unterstützt durch: Badische Anilin- & Sodafabrik AG, Ludwigshafen

70 m² Grundfläche, Durchmesser 5 m, hoher Komfort der Ausstattung

zum ersten Mal ausgestellt auf Hannover-Messe 70

GFK – PVC-Hartschaum – GFK, 4 mm – 50 mm – 4 mm

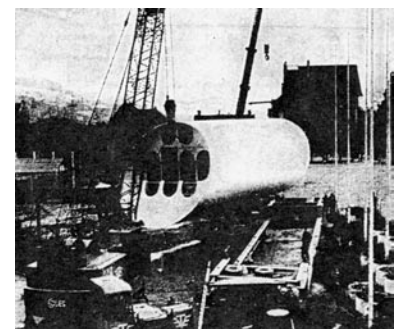
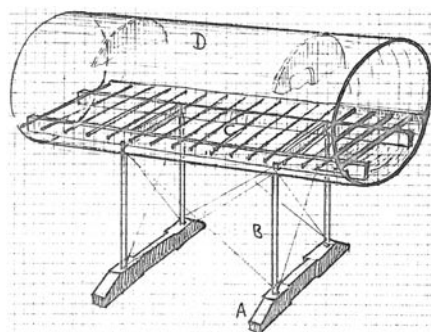
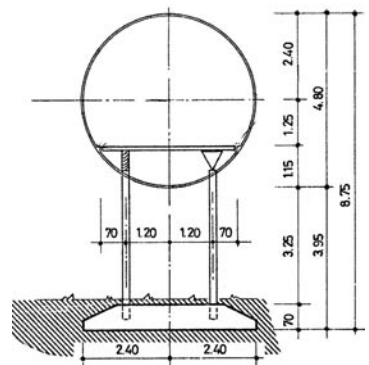
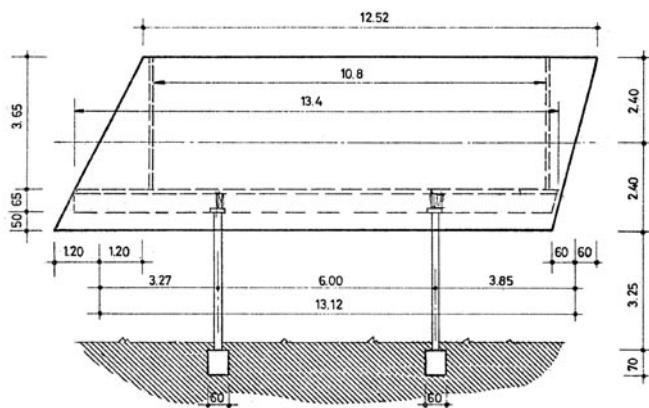
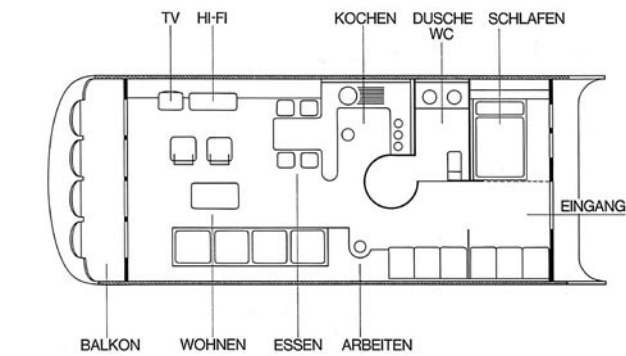
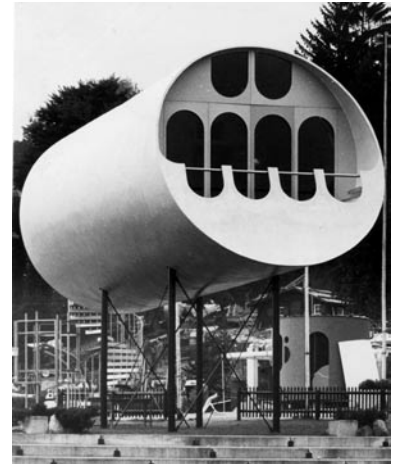
die innere GFK-Schicht in viergeteilt um unterschiedliche Wärmedehnung aufzunehmen
Prototyp, zerstört

- Dittmann, Günter: Hannover-Messe 70. In: *Architektur und Wohnform* Heft 6 (1970), S. 321

- Isler, Heinz: *Statische Berechnung für Kunststoff-Röhrenhaus*. mit Prüfstempel und Prüfbericht Nr. 1 von Zerna, E.h.W., Bochum, 24.07.1981, Prüfnummer 1435 Prüfverzeichnis 1981, Burgdorf: März 1970

- IBK Bibliothek: Sammlung SL 7.70. Ludwigshafen, 2004, *Archivmaterial*

- Isler, Heinz: *Kunststoffe für tragende Bauteile* - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: 1975, *Schriftenreihe*, S. 53

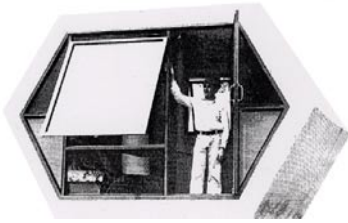


1969 / 11

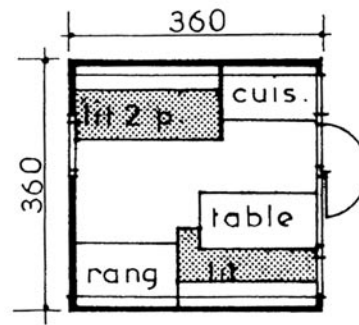
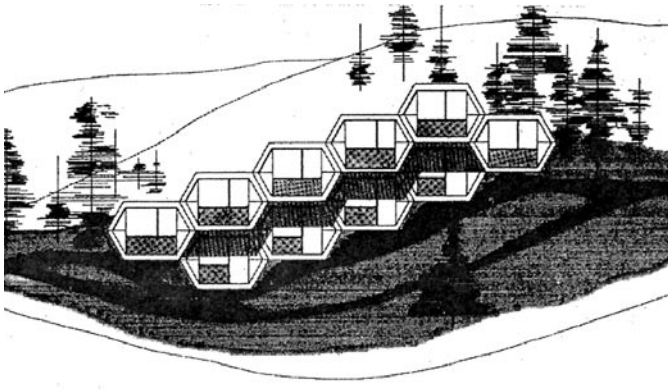
Raumzelle

Hexam Bungalow, Frankreich

Arch.: Pierre Laperelle
Herst.: Societe Diffusion Industrielle
3,60 m x 3,60 m, 13 m² Grundfläche, 200 kg pro Element
GFK – PF-Schaum – GFK
Prototyp



- Laperelle, Pierre: Éléments de construction en Polyester armé.
In: *Techniques & Architecture* Heft 5 (1969/70), S. 60

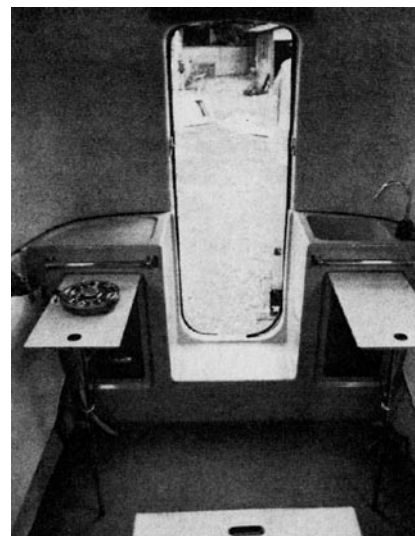
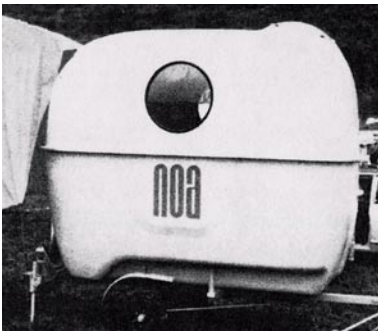


1969 / 12

Schale
Raumzelle

Noa, Japan

Minihaus, Campingtrailer, Hausboot
Herst.: NOA-Company
aus zwei Halbschalen zusammengesetzt, 5 m² Grundfläche, Transport als Anhänger
hohe Tür, um Schwimmen zu ermöglichen, zwei Schränke, zwei Klapptische, zwei Zeltbetten
2,70 m x 1,68 m x 2,14 m, 200 kg
GFK einschalig, t = 4 mm
mehrmalige Ausführung, mindestens 30 Stück



- Sawada: Kunststoffhäuser in Japan.
In: *plasticconstruction* Heft 6 (1971), S. 282

1969 / 13

Faltwerk
Gebäudehülle

Schwimmhalle in Aberdeen, Schottland, GB

Entw.: Reuben Bouverie für Scott Bader Services
aus 50 identischen HP-Segmenten,
Gesamtgröße: 15,24 m x 7,62 m, Höhe 3,96 m, Segmentgröße: 3,96 m x 1,29 m
1,6 mm GFK, 4,8 mm Stärke an Verbindungsflanschen, transluzent



- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*.
München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 504
- Huybers, Pieter: *See-through structuring: a method of construction for large span plastic roofs*.
Delft: Techn. Hogeschool, Diss., 1972, S. 28



Entw.: Heinz Isler
 Bauherr: Samenfirma Florélites L. Clause,
 Standort: St. Appoline, Paris
 gleiche Form wie Verkaufshalle aus Stahlbeton
 doppelt gekrümmte Schalensegmente, einschalig

Schale
 Ausstellung

- Isler, Heinz: Kunststoffe für tragende Bauteile - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: *Schriftenreihe*, 1975, S. 18

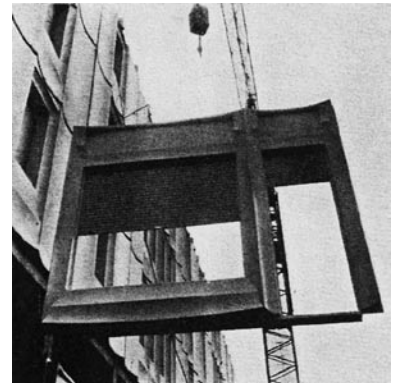
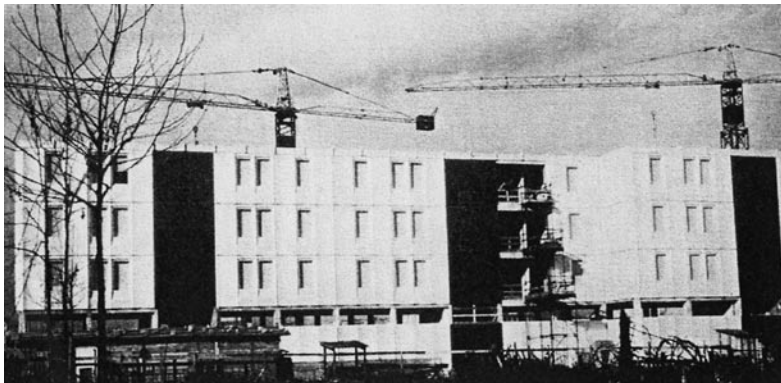
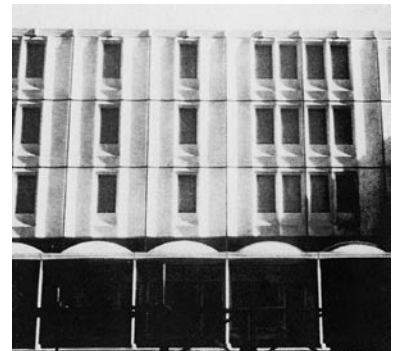


System CEPLI, Italien

IACPM Haus
 Arch.: Mario Scheichenbauer, Italien
 Bauherr: Autonome Institut für sozialen Wohnungsbau (IACPM), Mailand
 gesamt 11.000 m³ Grundfläche
 Dachabdeckung, Außenwände, Treppenhauswände, Vordach und Lichtkuppel aus GFK
 Stahlbetonskelett aus Trägern und Pfeilern als Hauptstruktur
 einmalige Ausführung, existent

Schale, Platte
 Fassade

- Scheichenbauer, Mario: Kunststoff, Bauwesen und Design.
 In: *plasticconstruction* Heft 1 (1974), S. 1-3
 - <http://www.xarface.com/frengo/post/3/199>

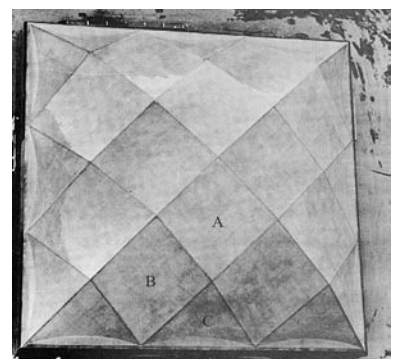


Überdachung für Einkaufskomplex, Dundee, Schottland, GB

Arch.: Reuben Bouverie
 insg. 13,4 m x 13,4 m, Höhe 3,9 m
 2 verschiedene Segmente, hyperbolische Elemente,
 Typ A: 3,962 m x 3,962 m; Typ B: 4,876 m x 3,962 m; Typ C ist 1/2 B
 2,4 mm GFK, 7,2 mm an Flanschen (7,6 cm hoch), transluzent
 zwischen zwei Flansche wurde je ein 6,4 mm starkes Stahlblech einlaminert

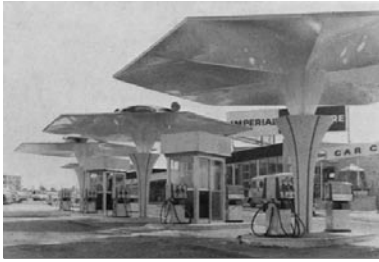
Schale
 Überdachung

- Zerning, John: *Design Guide to Anticlastic structures in Plastic*. London: Polytechnic of Central London, 1975 und 1976, S. 56



1969 / 17

Pilze
Überdachung



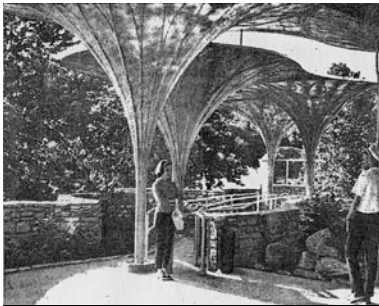
Kanadische Tankstelle, Kanada

Standort: Toronto, Windsor, Halifax, Hull, Quebec für Imperial Oil Co.
Hypars-Schirmdächern
sechseckige Konstruktion mit 9 m Durchmesser
aus identischen GFK-Elementen, verschraubt
mehrmalige Ausführung

- Makowski, Z.S.: structures en coquilles plastiques pour toitures. In: *Plastiques Batiment* Heft 125 Januar (1969), S. 16, 17
- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 502

1969 / 18

Pilz
Überdachung



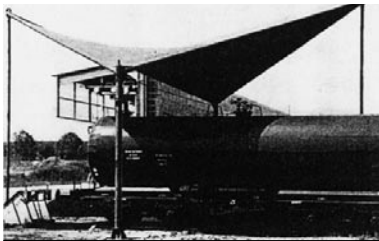
Seilbahnstation in Aquarena, San Marcos, USA

Entw.: B. Winn
pilzförmige GFK-Schalen, rotationssymmetrisch
Durchmesser oben 5,50 m bzw. 4,30 m
auf einige im Kreis angeordnete Pilze wurde flache GFK-Kuppelschale montiert (Durchm. 11,0 m)

- Rühle, Herrmann: *Räumliche Dachtragwerke, Konstruktion und Ausführung – Band 2 Stahl Plaste*. Berlin (Ost): Verlag für Bauwesen, 1970, S. 142

1969 / 19

Schale
Überdachung



Überdachung einer Abfüllstation der Bayerwerke Leverkusen, BRD

Arch.: Schneider-Wessling
Ing.: Stefan Polónyi
Hyperbolische Paraboloidschale, Grundriß 10 m x 10 m, Dicke 3 mm
Faserspritzverfahren über Holzform
Prototyp

- Polónyi, Stefan; Metz, K.: Flächentragwerke aus Glasfaser-Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1968), S. 864

1969 / 20

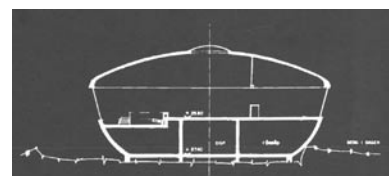
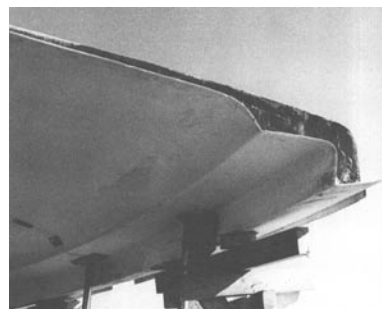
Schale
Überdachung



Villa Spies, Schweden

Standort: Insel Torö im südlichen Archipel von Stockholm
Arch.: Staffan Berglund, Stockholm
Ing.: Thorkild Rand
Überdachung eines runden Gebäudes, Grundriß 14,5 m Durchm., Dach 15,8 m Durchm.
Handauflegeverfahren
GFK – PVC-Hartschaum – GFK, insg. 10 cm, Oberlicht zweischaliges PMMA
1988 Inspektion durch Prof. T. Rand, Royal Institut of Technology, Stockholm
einmalige Ausführung, existent

- Askergren, Mikael: *Villa Spies*. Stockholm: E & R Förlag, 1996

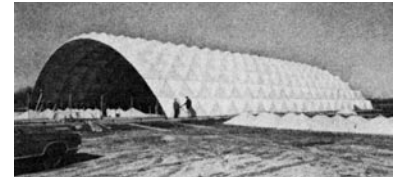


Entw.: Uni Tensile Coporation, Salt Lake City
an Spitzen durch Zugkabel gehalten, Basis Drucklager oder Zugseil

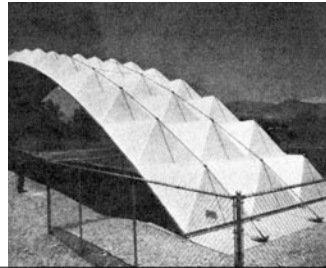
Realisationen:

- Überdachung Kunsteisbahn in Park Forest South, Illinois mit 540 Pyramidenelementen, 2,5 m x 2,5 m
- Dreizeiliger Versuchsbogen, Forschungsprojekt aus 60 Pyramidenelementen

Faltwerk
Überdachung



- Brändle: Große Dächer aus kleinen Elementen. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1973), S. 77



Stadiondach in Laval, Frankreich

1969 / 22

Ing.: Stephane DuChateau

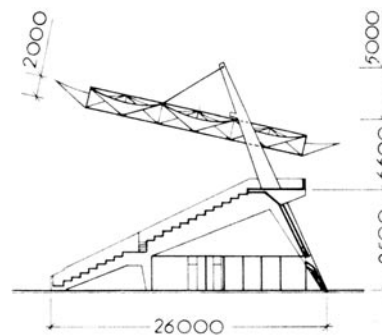
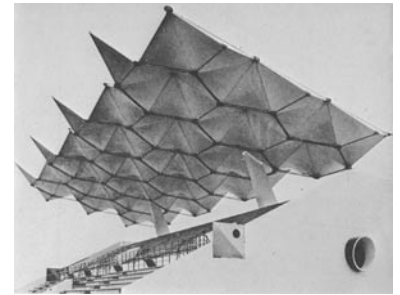
Arch.: Jean-Saint Arroman, Yves Chaperot, Entw. der Polycorolles

Herst.: Dubigeon-Normandie

79 Polycorolles-Schalen, ein Modul rhombenförmig, 7 m x 4 m diagonal, 14 m² Fläche
insg. 1100 m² Gesamtfläche, 52,5 m x 28 m

obere Trägerkonstruktion: 7 m lange Stahlrohre, untere Trägerkonstruktion: 4 m lange Stahlrohre,
Wandstärke und Durchmesser immer jeweils angepaßt
einmalige Ausführung

Überdachung



- DuChateau, Stephane: Die Kunststoff-anwendung bei weitgespannten Überdachungen. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1972), S. 58-59

- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 71

KB-Haus, NL

1970 / 01

Herst.: Klein-Breteler

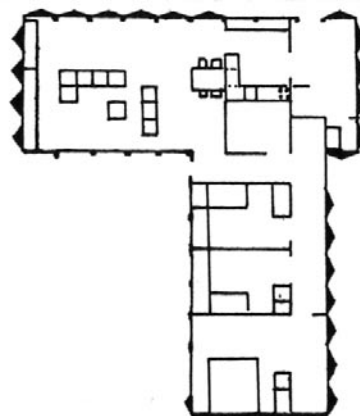
GFK-Außenschalen sind als Tragkonstruktion konzipiert, für Standsicherheitsnachweis tragendes Holzskelett eingefügt (GFK-Schalen nur äußere Verkleidung)
Skelettierte Plattenbauweise

Falte, Platte
Wohnhaus

- Doernach, Rudolf: ika '72 – 2. Internationale Kunststoff-Haus-Ausstellung der Welt. Lüdenschied: 1972, - *Ausstellungskatalog*, S. 22, 203

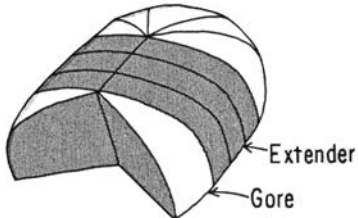
- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 48

- Gay, R.: Wohnen in Kunststoff: vorerst noch nicht. In: *Hobby* Heft 21 (1972), S. 53



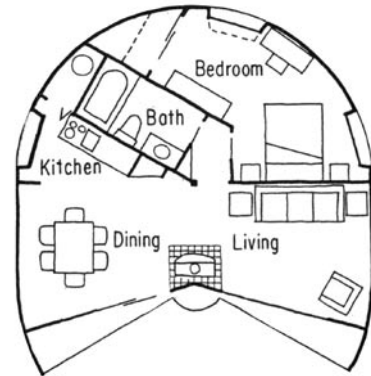
1970 / 02

Schale
Zweithaus / Schutzhaus



Arch Domes, USA

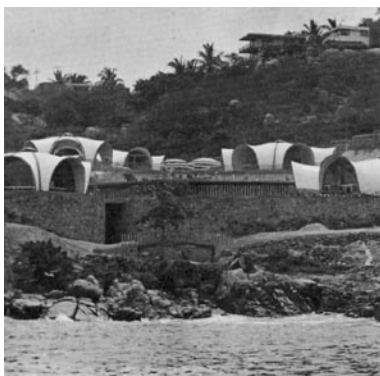
für USA und Alaska
Herst.: Arch Domes Inc., Los Altos, Kalifornien
Grundeinheit mit 7 Elementen (gore), erweiterbar (extenders)
Radius 4,62 m, Höhe 3,35 m, Extender-Elemente 1,32 m breit
oberer Mittelpunkt Öffnung für Oberlicht oder Kaminabzug
GFK – PUR-Schaum – GFK, 2,5 mm – 50 mm – 2,5 mm
mehrmalige Ausführung



- These all-plastic houses are for real.
In: *Modern Plastics* Heft August (1970),
S. 64-66

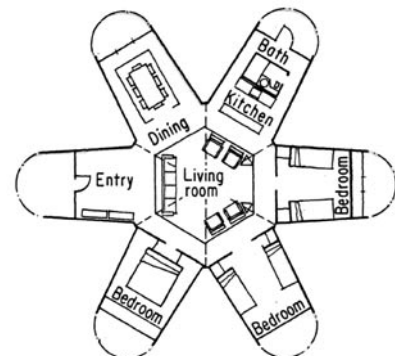
1970 / 03

Schale
Zweithaus / Schutzhaus



Franchise Units, Canada, Mexiko, USA

Kalikosima Houses
Arch.: Juan Jose Diaz Infante, Mexiko
Herst.: Franchise Units Inc., New York & Miami
tunnelförmige Räume (hyperbolische Schalen) um 6-eckiges Zentrum mit 6 m Durchmesser
3,3 m Höhe, 4 m Breite zur Mitte hin, insg. 120 m² Grundfläche
GFK – PUR-Schaum – GFK, 1,5 mm – 70 mm – 1,5 mm, mit Betonboden
mehrmalige Ausführung



- These all-plastic houses are for real.
In: *Modern Plastics* Heft August (1970), S. 64-66
- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*.
Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 41

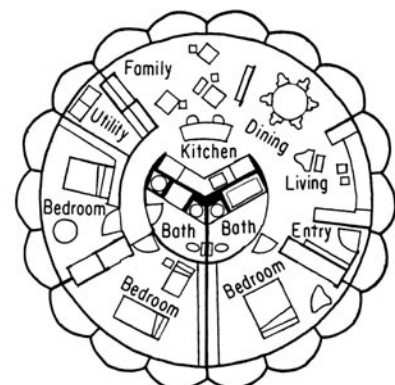
1970 / 04

Schale
Zweithaus / Schutzhaus



Space Shell, USA

Herst.: Space Shell Inc., Oakland, Californien, Preßverfahren
runder Grundriß, 115 m² Grundfläche
Schalenkonstruktion aus je 18 identischen Dach- und Wandschalen,
2,30 m Breite außen, 0,33 m Breite der Schalen zur Mitte
Zentrum als Oberlicht mit 2 m Durchmesser
Gesamtdurchmesser am Boden 12,80 m, 15,20 m Durchmesser in Traufhöhe
GFK – Schaum – GFK, 4,7 mm – 70 mm – 4,7 mm
mehrmalige Ausführung

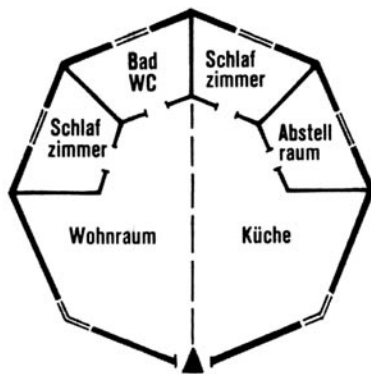


- These all-plastic houses are for real.
In: *Modern Plastics* Heft August (1970), S. 64-66

Standort: Belgien und NL Küste
 Herst.: NKI, Chaam
 Schalenkonstruktion, Halbkugel
 45 m² Grundfläche, 3,30 m hoch, für 4-6 Personen,
 GFK – PUR-Schaum – GFK, 3,5 mm – 40 mm – 3,5 mm
 mehrmalige Ausführung (einige Hundert)

Schale
 Zweithaus / Schutzhaus

- pc spectrum: Kunststoff-Ferienhäuser. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1972), S. 125
- Gay, R.: Wohnen in Kunststoff: vorerst noch nicht. In: *hobby* Heft 21 (1972), S. 54
- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 38



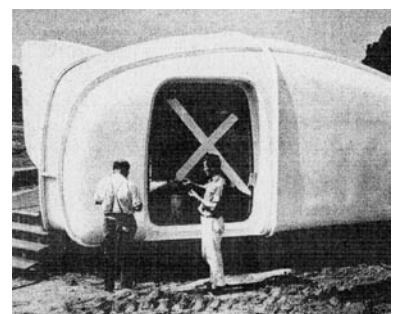
Wochenendhaus, BRD

1970 / 06

Herst.: Chemische Werke Hüls
 verschiedene Haustypen
 addierbares Grundelement mit 18 m² Grundfläche und dreieckigem Grundriß

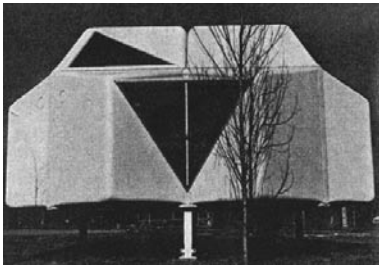
Schale
 Zweithaus / Schutzhaus

Schon morgen wohnen wir im Plastikhaus. In: *Stern Journal* Nr. 30, 19. Juli 1970, S. 90-91



1970 / 07

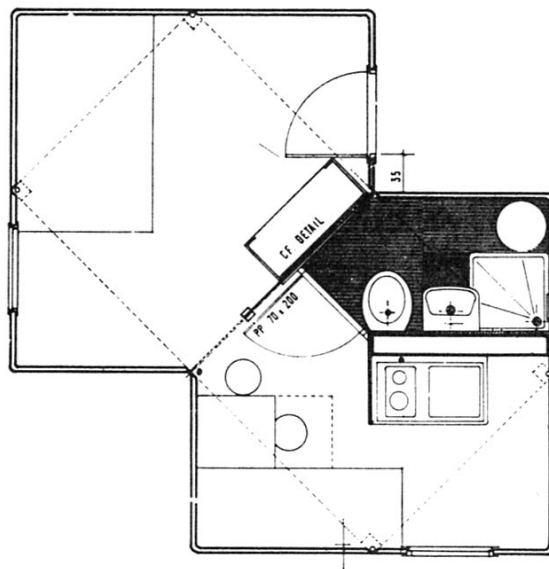
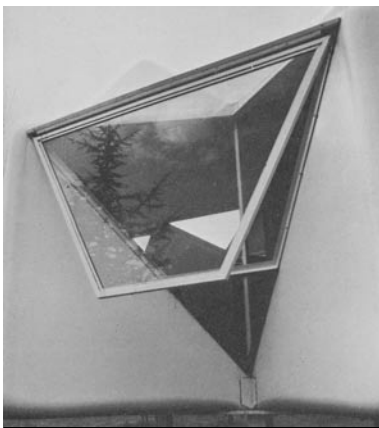
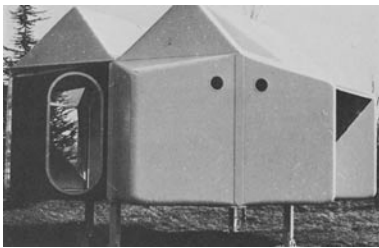
Falte
Zweithaus / Schutzhaus



Maison 12 E, Frankreich

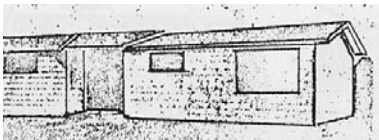
Arch.: Atelier 4 (Pierre und Robert Fort, Francis Castaigns, J. Henri Colzani und Segundo Gonzales), Toulouse
wählbarer Grundriß mit 18 m² / 31 m² / 44 m² Grundfläche
winkelförmiges Grundelement 2,45 m x 2,45 m x 1,73 m, geschlossen oder mit Öffnungen kombinierbar, stapelbar
77 kg ein Element, mit Öffnung 66 kg
Zusatzelement quadrat. Flanschstück mit 2,45 m Seitenlänge als Bodenfläche
GFK – PUR-Hartschaum – GFK
Prototyp

- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 126
- Forum: Raumzellen-Bausystem aus selbsttragenden Polyesterformteilen.
In: *Bauen + Wohnen* Heft 9 (1972), S. 396



1970 / 08

Tafelbauweise
Zweithaus / Schutzhaus



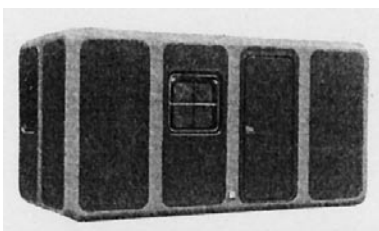
Dura Plex House, USA

Herst.: Dura Plex Industries Inc., Peoria, Illinois
Tafelbauweise, 48 m² Grundfläche
Prototyp

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1970/11

1970 / 09

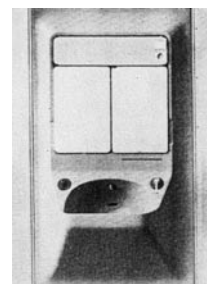
Platten
Zweithaus / Schutzhaus



HL Raumzellen, BRD

Herst.: Heinrich Lenhard KG, Saarbrücken
Gesamtkonstruktion addierbar, 2,8 m² Grundfläche
als Büro, Unterkünfte, sanitäreinheiten, Ferienwohnungen, Verkaufspavillon, Ausstellung
1,2 m x 2,4 m Platten mit Fenster-, Tür- oder Sanitärausstattung
GFK – PUR-Schaum – GFK, gesamt 50 mm
mehrmalige Ausführung

- Baueinheiten aus Kunststoff. In: *Detail* Heft 5 (1970), S. 1066



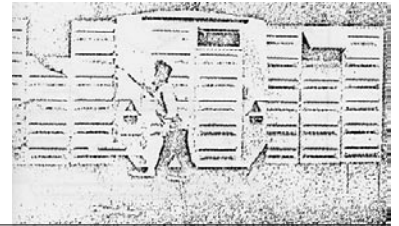
House Road, Belgien

1970 / 10

Herst.: SA des Ateliers Belges Reunis
Wohnwagen
Kabine mit 10 m² Grundfläche,
GFK – PUR-Schaum – GFK
Prototyp

Platten
Zweithaus / Schutzhaus

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1970/16



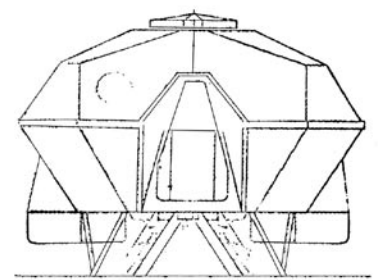
Pandora 99, Japan

1970 / 11

Herst.: Taiyo Kogyo Co Ltd.
10 m² Grundfläche, 3-eckig Polyeder,
aus räumlichen Elementen, GFK einschlig auf Stahlrohrgestell
mehrmalige Ausführung

Platte
Zweithaus / Schutzhaus

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1970/21



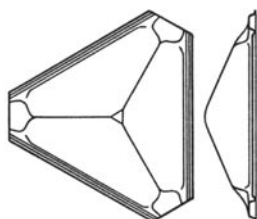
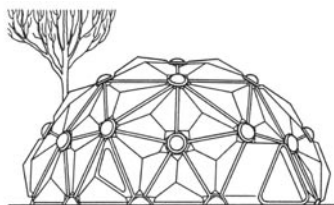
RW System, BRD

1970 / 12

Entw.: Projektgruppe Polyteam, W. Pimpl und C. Stenzel, Stuttgart
Herst.: Fibron, Bretten, Glasfaserspitzen auf Holzform
Kuppel als x-eck, 10 m Durchmesser, 75 m² Grundfläche, h= 5 m, d= 5 mm
Faltwerk aus räuml. dreieckförmigen Pyramiden-Elementen, GFK einschlig
können Kuppeln, ebene und einseitig gewölbte Überdachungen gebildet werden
insg. ca. 1500 kg, Fenster: PMMA
Prototyp, gelb

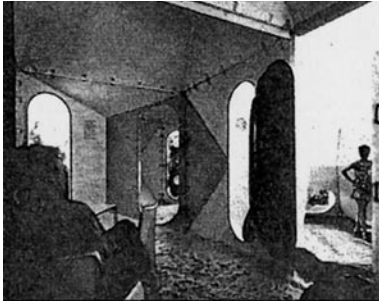
Falte
Zweithaus / Schutzhaus

- Doernach, Rudolf: ika '72 – 2. Internationale Kunststoff-Haus-Ausstellung der Welt. Lüdenschied: 1972, - *Ausstellungskatalog*, S. 31
- Ajrapetov, D. P.: *Architectural material science*. Moscow: Mir Publishers, English translation, 1986, S. 217



1970 / 13

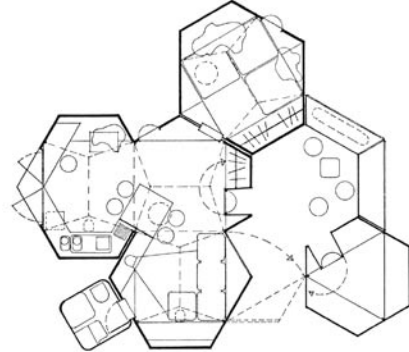
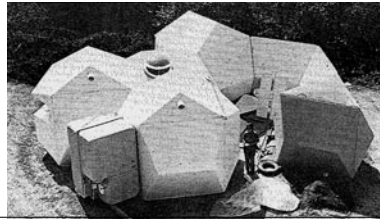
Platten
Zweithaus / Schutzhaus



Do - Bausystem, BRD

Arch/Ing.: Polyteam Jean Clause Ventalon & Ana Sklenar, Universität Stuttgart
Herst.: Fibron, Bretten
Dodekaeder-Grundzelle aus 6 gleichförmigen Sandwich-Schalen, 2-2,5 mm GFK Deckschichten und 60 mm Schaumkern, 7 m² Grundfläche Grundzelle
einmalige Ausführung

- System DO. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr. 160 Heft Februar, März (1972), S. 98
- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 50



1970 / 14

Falte
Zweithaus / Schutzhaus



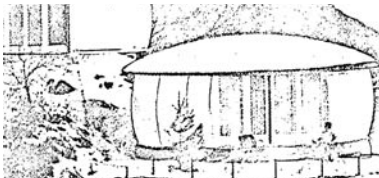
Polyeder, GB

Entw.: Keith Critchlow, London
GFK-Polyurethan-Sandwichkonstruktion,
vorwiegend Dreieckflächen, variabel kombinierbar
einmalige Ausführung

Prototypschau „Architektur als Konsumgut“. In: *Detail* Heft 5 (1970), S. 975

1970 / 15

Schale
Zweithaus / Schutzhaus



Samoa II, Frankreich

Standorte Werksgelände und schweizer Alpen
Herst.: Stratiforme, Bersee, Nord
runde Mischkonstruktion, 28 m² Grundfläche
Schalenelemente, GFK – Glaswolle – GFK
mehrmalige Ausführung

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1970/27

1970 / 16

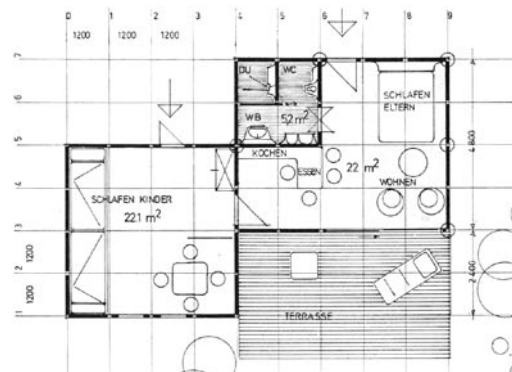
Platten
Zweithaus / Schutzhaus



König-Baukasten, BRD

Entw.: König-Unternehmensberatung, Stuttgart
Platten in Sandwichkonstruktion, Elemente mit 1,20 m x 2,40 m, t= 10 cm,
43,3 m² Grundfläche, Sanitärraum aus Kunststoff integriert
GFK – PUR-Hartschaum – GFK mit Verbindungselementen aus eloxiertem Aluminium

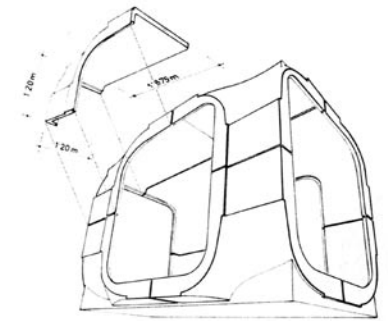
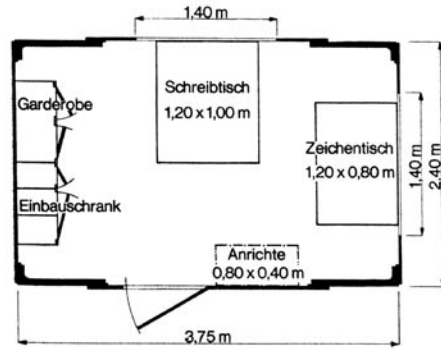
- Schwabe, Amtor: IKA '71: Internationale Kunststoffhaus-Ausstellung in Lüdenscheid.
In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 6 (1971), S. 310
- Buch: Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*.
Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 51



Herst.: Algeco Paris,
transportable addierbare Raumzellen in Sandwichkonstruktion
3,75 m x 2,40 m x 2,40 m, 8,4 m² Grundfläche einer Zelle
GFK – PUR-Schaum – GFK, 680 kg insg.
Raumecke wird 8mal zu Raumskelett verklebt, 6 gleichartige Öffnungen verbleiben zur Verbindung
mit Nachbareinheiten oder zum Einsetzen von Fenstern und Außenwandteilen

Zweithaus / Schutzhaus

- Raumzelle 2002. In: *plasticconstruction* Heft 5 (1971), S. 234, 235



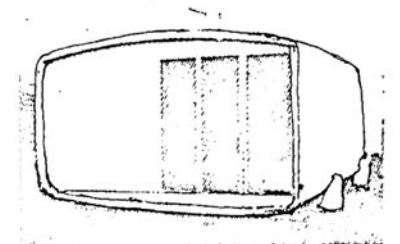
GFG Zelle, USA

1970 / 18

Herst.: GFG Industries
33 m² Grundfläche, 4-eckiger Gesamtkörper
GFK – PUR-Schaum – GFK
einmalige Ausführung

Röhre
Raumzelle

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt :
IBK-Verlag, 1973, Projekt 1970/14



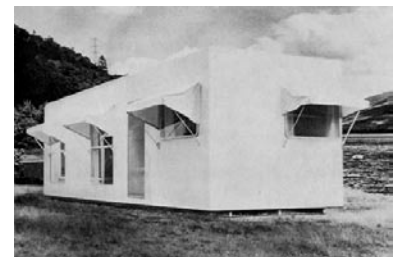
Stockbrae, GB

1970 / 19

für Malta
Entw. und Herst.: Mickleover London
in einem Stück daher keine Fugen
GFK – PUR-Schaum – GFK
mehrmalige Ausführung

Raumzelle

- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 487



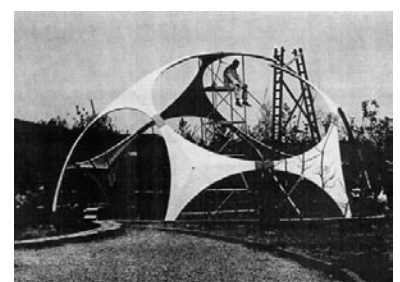
Kuppeltragwerk, NL

1970 / 20

Schutzdach für Kinderspielplatz in Amsterdam
Entwurf: Group Ludic, Paris
Ing.: Stevin-Laboratorium, Uni Delft
regelmäßiger Dodekaeder auf Kugel (10 m Durchmesser) projiziert
Gerüst aus 30 sichelförmigen Elementen bildet Gesamtform, drei fünfeckige Segeltuchmembrane
wurden an Knotenpunkten des Dodekaeders aufgehängt
einmalige Ausführung

Traggerüst
Überdachung

- Wildschut, A.J.; Huybers, Peter: Forschungen über Kunststofftragwerke im Stevin-Laboratorium
Delft, Holland. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1971), S. 10-11



Raumzelle
Ausstellung



Takara Pavillon oder Takara-Beautilion-Bau, Japan

Expo in Osaka

Arch.: Kisho Kurokawa, Tokyo

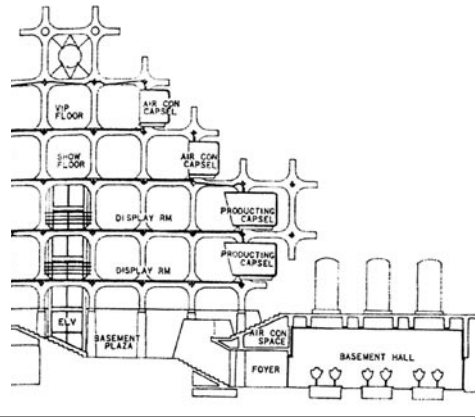
Raumzellen aus GFK, 2,2 m x 6,0 m x 2,2 m

Raumtragwerk aus identischen Rohrkrümmungen (Stahl), die mittels Flanschen verbunden wurden
Kabinen zu größeren Räumen zusammengesetzt
insg. 6 geschossig
einmalige Ausführung

- Patzelt, Otto: Expo '70-Nachlese: Show oder Blick in die Zukunft? In: *Deutsche Architektur* Heft 12 (1970) S. 740-751

- Guiheux, Alain: *Kisho Kurokawa – architecte Le Métabolisme 1960-1975*. Paris: Éditions du Centre Pompidou, 1997, S. 46

- Kurokawa, Kisho: plastic architecture. E-Mail an Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) 02.05.2005, 12:03 JST



Raumzelle
Ausstellung



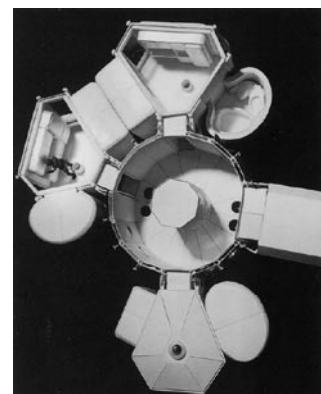
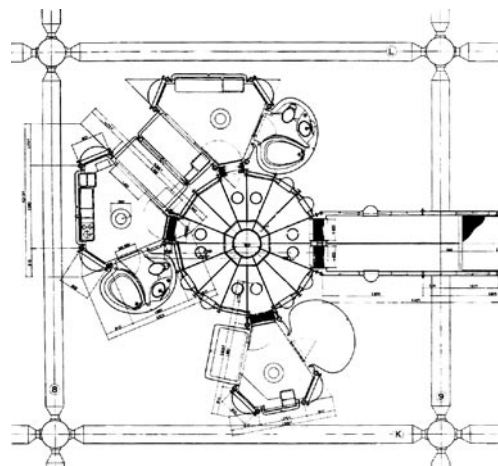
Habitat-Capsule, Festival Piazza, Japan

Expo Osaka

Arch.: Kisho Kurokawa, Tokyo

Raumzellen in Stahlgerüst eingehängt, als Sekundärkonstruktion, austauschbar
spezielle Zellen für Sanitärbereich, Wohnbereich
individuelle Ausstattung
einmalige Ausführung

- Guiheux, Alain: *Kisho Kurokawa – architecte Le Métabolisme 1960-1975*. Paris: Éditions du Centre Pompidou, 1997, S. 43-45



für Weltausstellung, Expo 70

Arch.: Renzo Piano

Herst.: Impresa E. Piano

30 m x 38 m Fläche

vorgespannte GFK-Wandsegmente (6 m x 8,5 m) und Dachelemente (8,5 m x 8,5 m)

zweischalige GFK-Membrane, Abstand 2 cm bis 6 cm

äußere Membran 3 mm, innere 2 mm

auf Baustelle aus 4 Teilen zu formsteifen, dreidimensionalen Körpern zusammengesetzt, diese mit vorgespannten Kabeln, die an Seitenstützen verankert sind, verbunden

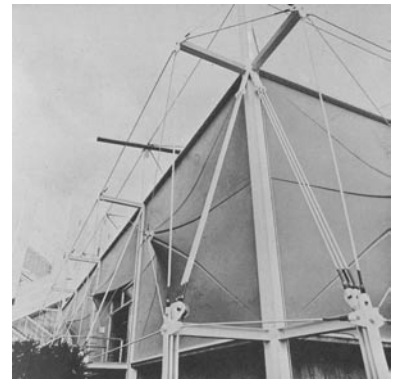
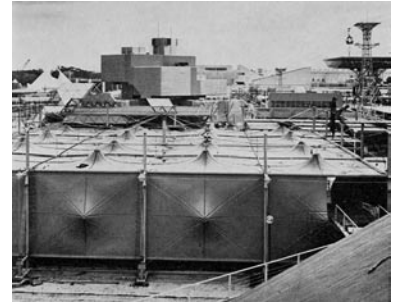
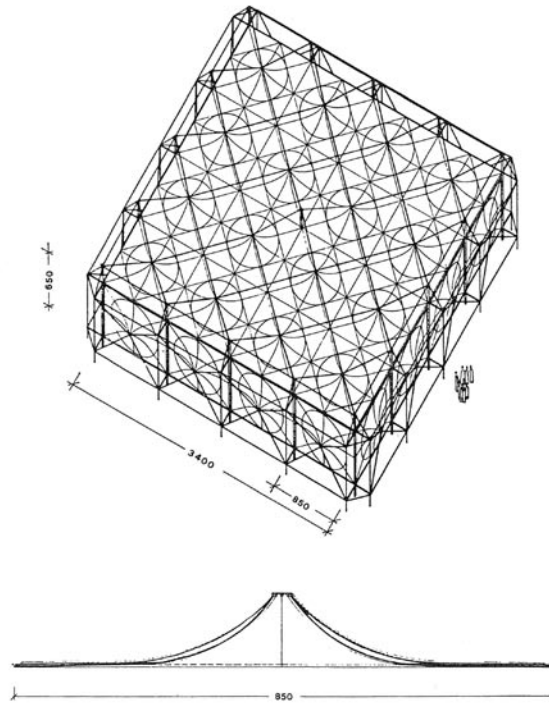
Farbe des GFK: transluzentes hellblau, Farbe der Stahlkonstruktion: gelb

einmalige Ausführung

- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 506

- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 73

- Compagno, A.: Renzo Piano: Eine methodische Suche nach Kompetenz. Institut für Hochbautechnik ETH Zürich, *Bericht* Nr. 16 (1991), S. 80-83



Bürofassade, NL

1970 / 24

Standort: Heerlen

Arch.: Laurens Bisscheroux

Fassade aus quadr. Modulen 4,5 m aus GFK-Schale, aus zwei Elementen zusammengesetzt,

Haupttragwerk ist Stahlkonstruktion

einmalige Ausführung

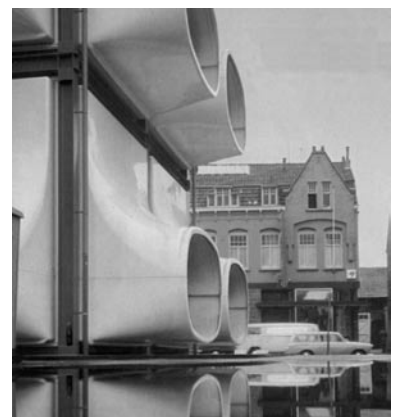
- Bisscheroux, Laurens: Immeuble de Bureaux. In: *L'architecture d'aujourd'hui*

Nr. 165 Dez (1972), Jan. 1973, S. 35-37

- Gay, R.: Wohnen in Kunststoff: vorerst noch nicht. In: *hobby* Heft 21 (1972), S. 50

Schale

Fassade

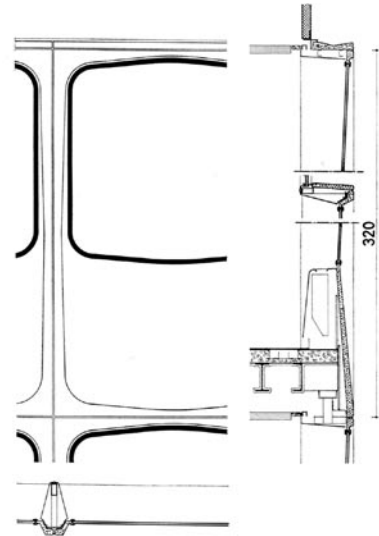


Fassade



Bankgebäude, Brüssel, Belgien

11-geschossige Gebäude
ein Element 2,10 m x 3,20 m
GFK – PUR-Schaum – GFK
3 mm – 5,4 cm bis 13,4 cm – 3 mm
einmalige Ausführung



- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*.
München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 312

Pilze
Überdachung



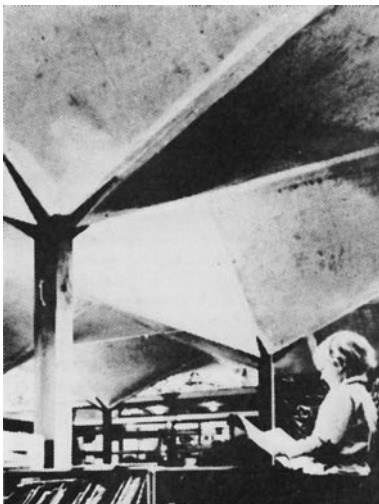
Überdachung für Fina Petrol Station, Frankreich

Morainvilliers
Entw.: Guillaume Gillet
690 m² Grundfläche überdacht, 5,6 m Höhe des Daches
HP-Schirme aus rhombischen Elementen
von 7,2 m x 4,15 m x 1,8 m
5 mm GFK
30 Schirme auf Stahlstützen (2,20 cm x 2 cm)



- Zerning, John: *Design Guide to Anticlastic structures in Plastic*. London: Polytechnic of Central London, 1975 und 1976, S. 57

Pilze
Überdachung



Dach einer Grundschule, London, GB

Entw.: David Harris, Mike Kenninger (Studenten der Architectural Association)
Ing.: Gerry Rumens
Sandwich-Schirme
ca. 6,5 m x 5,4 m je Schirm
GFK – PUR-Schaum – GFK, 4 mm – 12 mm – 4mm
einmalige Ausführung

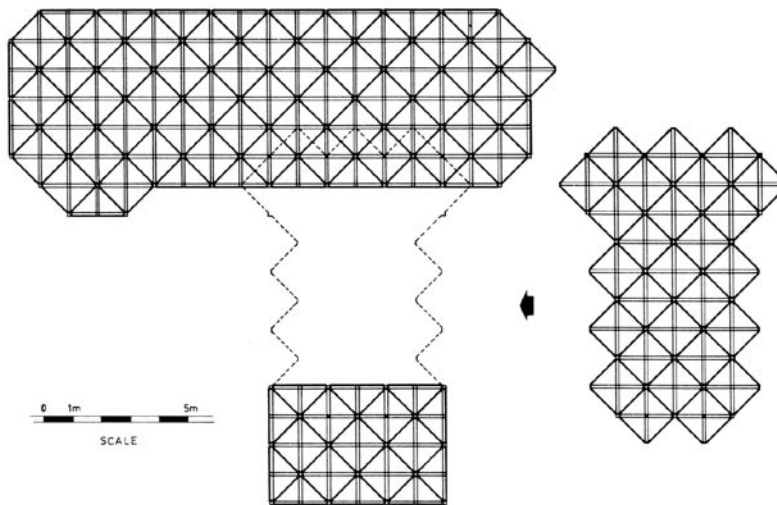
- Zerning, John: *Design Guide to Anticlastic structures in Plastic*. London: Polytechnic of Central London, 1975 und 1976, S. 55

Überdachung von zwei niedrigeren Gebäuden (Dienst- und Wartungsräume) einer Fabrik in Delft
 ganze und halbe Pyramiden: 2 m x 2 m, 1 m hoch, max. Spannweite 9 m
 diagonale Anordnung zu Obergurten
 18 kg je Pyramide, 4,5 kg/m² überdachter Fläche
 Obergurte aus Stahlrohren
 einmalige Ausführung

Pyramiden
 Überdachung



- Wildschut, A.J.; Huybers, Peter: Forschungen über Kunststofftragwerke im Stevin-Laboratorium Delft, Holland. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1971), S. 10
- Huybers, Pieter: *See-through structuring : a method of construction for large span plastic roofs*. Delft: Techn. Hogeschool, Diss., 1972, S. 40



Tetrodon, Frankreich

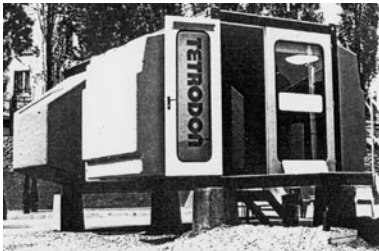
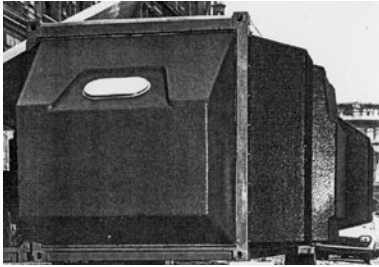
in Ausstellung "Design Français"

Design: A.U.A.: Jean Berce, E. Ciriani, M. Corajoud, B. Huidobro, G. Loiseau, A. Tribel, J. Tribel

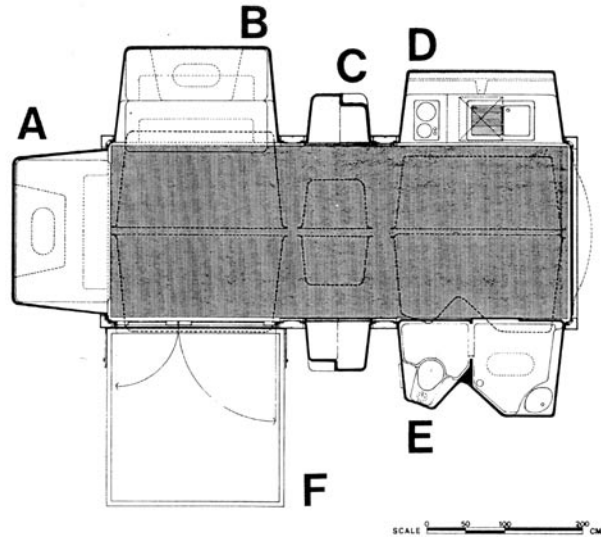
Entw.: Groupe Barbot Charpente

Wettbewerb des Programms Neue Architektur (PAN) für eine Touristensiedlung an der aquitanischen Küste (eventuell in Lège)

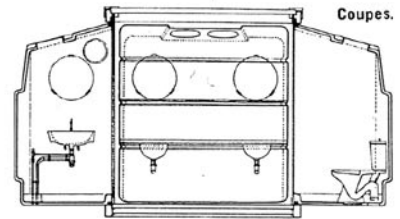
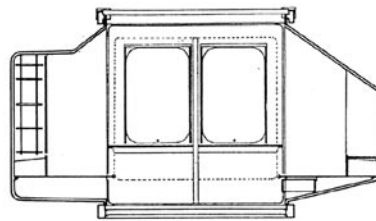
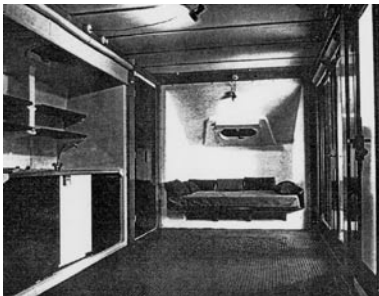
in Stahlrahmen angehängte räumliche GFK-Elemente, variabler Grundriß durch Stahlrahmen auch stapelbar als Siedlung realisiert

- Tetrodon. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr. 162 Juni, Juli (1972), S. 74-77- Monnier, G.; Klein, R.: *les années ZUP*. Paris: Éditions A. et J. Picard, 2002, S. 199

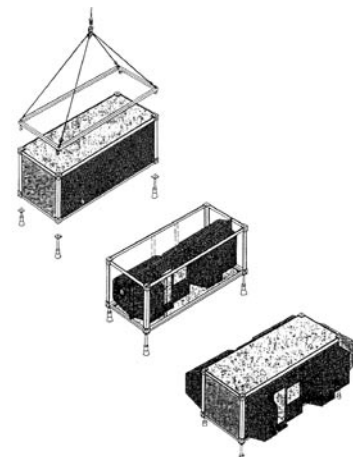
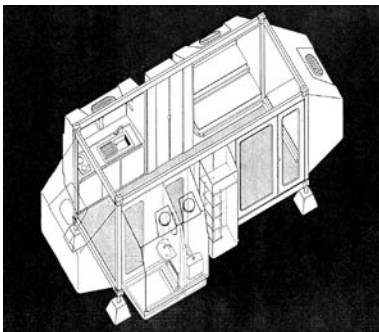
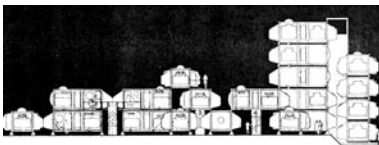
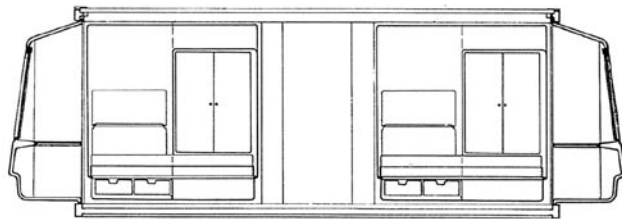
- A Einheit: Eltern
- B Einheit: Kinder
- C Abstelle
- D Küche
- E Sanitär
- F Terrasse



SCALE 0 50 100 200 CM



Coupes.



“Horizont Vert”

Arch.: A. Heckel, Nancy

addierbar, n-mal 7,5 m², Rahmenbauweise aus räumlichen Elementen
freitragende Elemente von 1,20 m Breite und 7,5 m Spannweite
durch Zuganker (a) zusammengehalten

GFK-Deckschichten und Kern aus UP-Hartschaum-gebundenen Leichtfüllstoffen
einmalige Ausführung

Rahmen
Wohnhaus

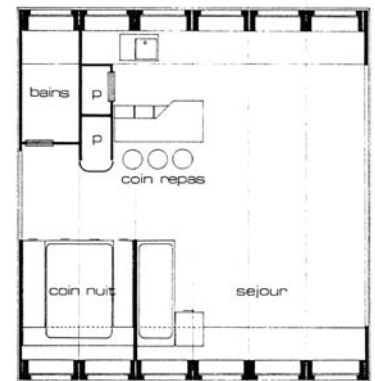
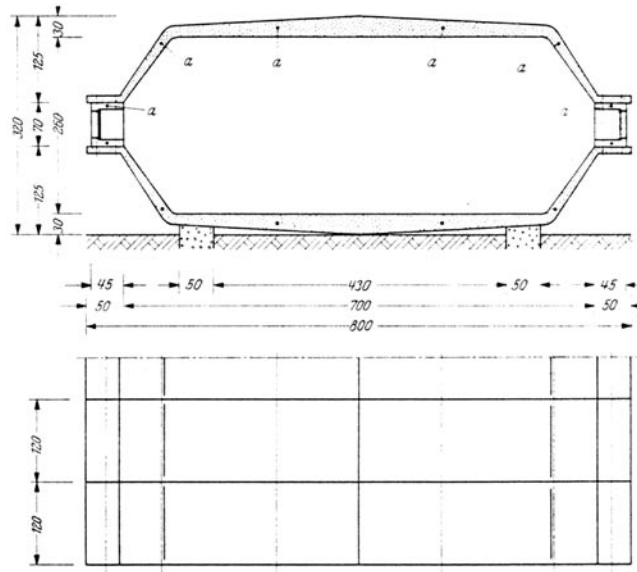
- Langlie, Carsten: GFK-Sandwichelemente mit neuem Kernmaterial.

In: *Kunststoffe* Heft 12 (1972), S. 795

- Doernach, Rudolf: ika '72 – 2. Internationale Kunststoff-Haus-Ausstellung der Welt.

Lüdenscheid : 1972, - *Anstellungskatalog*, S. 36

- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 48



System Ponza, Italien

1971 / 03

z.B. ein Fremdenverkehrsdorf für ital. “Touring Club” realisiert

Arch.: Dr. Mario Scheichenbauer, Mailand

vier Elemente: Fußboden, Wandelement, Dach, Dachträger

Wandelemente GFK-Schalen mit Querverbindungen, hohl, ca. 10 m² groß, 30 kg in leerem Zustand,

Dachelemente übergreifen Wandelemente, ca. 8 m² groß

vor Ort Füllung mit Wärmedämmung oder Sand, Kies für Beschwerung

Wandelemente durch Stahlspanner zusammengefügt

mehrmalige Ausführung

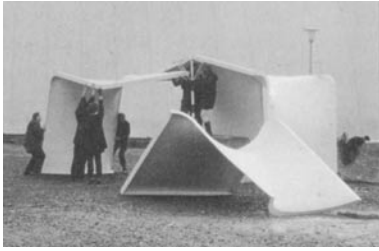
Schale, Platte
Zweithaus / Schutzhaus

- Scheichenbauer, Mario: Kunststoff, Bauwesen und Design: In: *plasticconstruction* Heft 1 (1974), S. 1-7



1971 / 04

Schale
Zweithaus / Schutzhaus

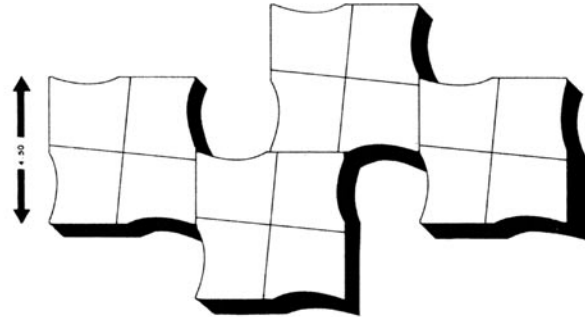
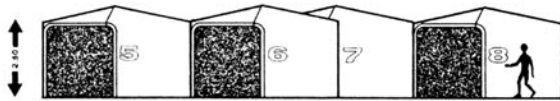


Avio Fokker, NL

Herst./ Ing.: Avio Fokker
4-eck. 20 m², Schalenkonstruktion,
räumliche allseitig reihbare Elemente, 4,50 m x 4,50 m
GFK einschalig
500 kg pro Grundquadrat
mehrmalige Ausführung

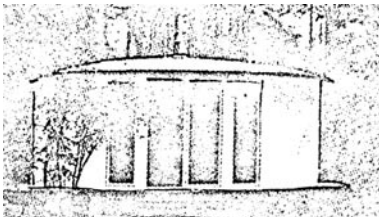


- IKA '72 Lüdenschied. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 4 (1972), S. 201
- Buch: Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart:
Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 50



1971 / 05

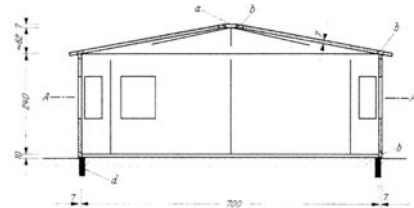
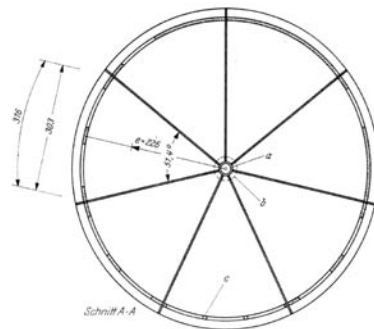
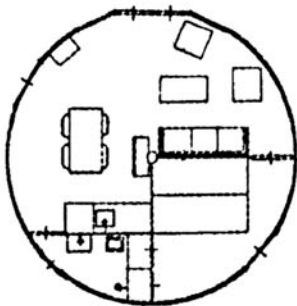
Schale
Zweithaus / Schutzhaus



M 314, NL

Herst.: Kunststoff Research, Almelo, NL
runder Grundriß Durchmesser 6 m, 30 m², Mischkonstruktion, Schalenelemente
freitragendes Kegeldach bis zu 10 m Durchmesser
GFK – UP-Hartschaum-Leichtbeton – GFK
einmalige Ausführung

- Langlie, Carsten: GFK-Sandwich Elemente mit neuem Kernmaterial.
In: *Kunststoffe* Heft 12 (1972), S. 795
- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt:
IBK-Verlag, 1973, Projekt 1971/16



1971 / 06

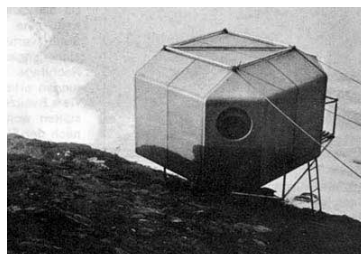
Platten
Zweithaus / Schutzhaus



Polybiwak, Bivakschachtel, Österreich

variable Unterkünfte für Not, Jagd, Rettung, Forschung, Reporterkabinen
in Alpen (1971), Antarktis (1979), Anden (1974)
Arch.: Helmut Ohnmacht, Innsbruck
Herst.: Anton Fritz, Innsbruck
3 verschiedene räuml. Elemente in Mischsystem, variable Grundrißgröße
GFK – PUR-Schaum – GFK auf/an/in Stahlrohrskelett (mero) montiert
mehrmalige Ausführung, existent, bis 1985 in GFK realisiert, danach Alu/Holz

- Umschau In: *Baumwelt* Heft 31 August (1971) S. 1283
- www.polybiwak.com



Olympiade '72, München
 Arch.: 3h design, Stuttgart
 Herst: Arge Pappeder, Salach
 Kabinen 11,5 m²/16 m²
 Außenfläche fugenlos
 GFK – Wellkarton – GFK, Fenster PMMA

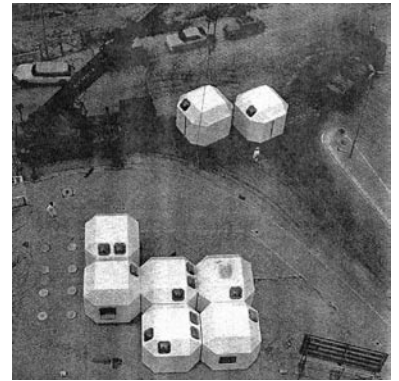
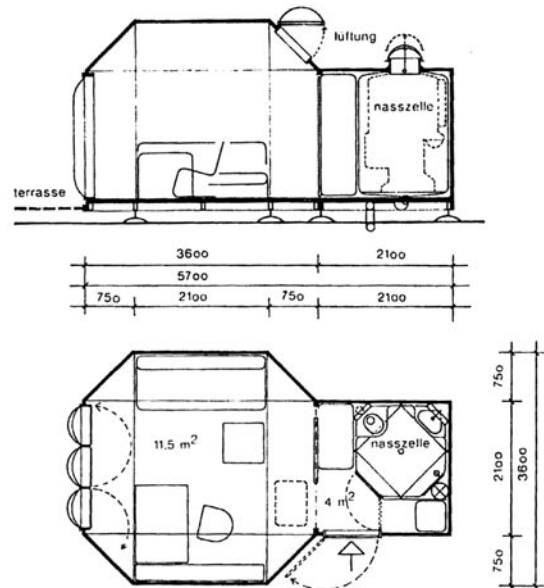
mehrmalige Ausführung:

- 1970 für Ausstellung in Zürich, Prototyp: Pappeder 62
- 1972 Pappeder Apartement als Studenten Wohnheime
- 1972/73 Weiterentwicklung als Wohnraumzelle Casanova, Sperrholz mit GFK-Beschichtung

- David, Paul Henri: Maisons Mobiles, Architecture Modulaire. In: *technique & Architecture* Nr. 99 (1973), S. 57

- Hübner + Huster_ Coques en Carton Plastifié pour habitat de loisir. In: *technique & Architecture* Nr. 295 November (1973), S. 100, 101

- Hübner, Peter: *Archivmaterial*, Neckartenzlingen 2003

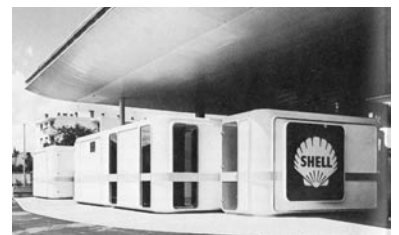
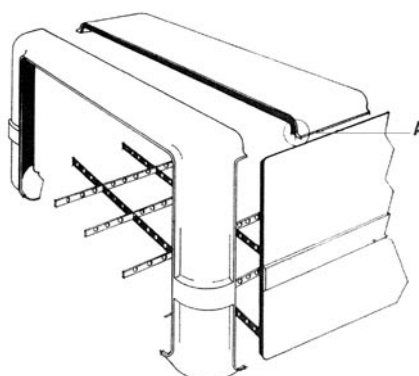
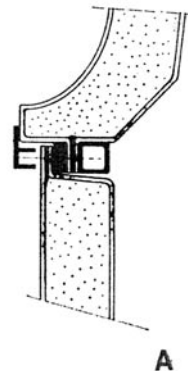


Loewy Zelle, Frankreich

1971 / 08

Standort: Tankstellen in Dijon, Hamburg, Turin (F, D, I)
 Arch.: CEI Loewy, Paris,
 Herst.: SIREN
 flexible Zellen mit 12,5 m² / 19 m² / 25 m² Grundfläche
 GFK – PUR-Schaum – GFK
 mehrmalige Ausführung

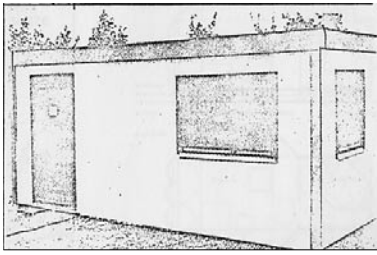
- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1971/14
- Loewy, Raymond: Shell-Tankstellenausrüstung. In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 148-149



Rahmen
 Zweithaus / Schutzhaus

1971 / 09

Platten
Zweithaus / Schutzhaus



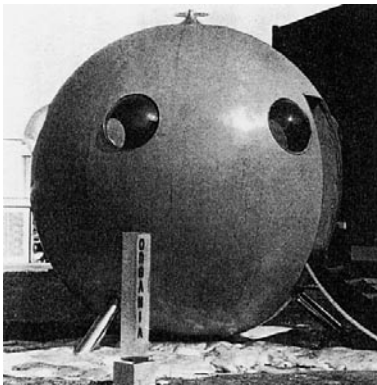
Pecolite, BRD

Herst.: Ohler Eisenwerk, Schifferstadt
Tafelbauweise, 18 m² als Gesamtkörper
GFK – PS-Schaum – GFK
einmalige Ausführung

- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973, Projekt 1971/18

1971 / 10

Schale
Zweithaus / Schutzhaus



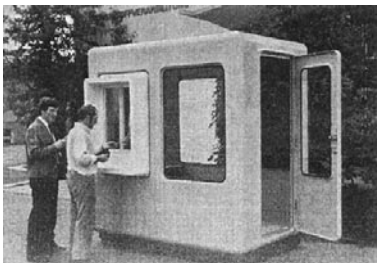
Organia Ferienhaus, Österreich

Kunststoffmesse K 71
Herst.: Organia Kunststoffe, Wien
12 m² Wohnfläche, Duschraum im Untergeschoß
aus 12 Segmenten zusammengesetzt

- Binder, Gerhard: Bauteile, Baustoffe, Bauzubehör. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1971) S. 982-983

1971 / 11

Raumzelle



Europa Kiosk, Schweiz

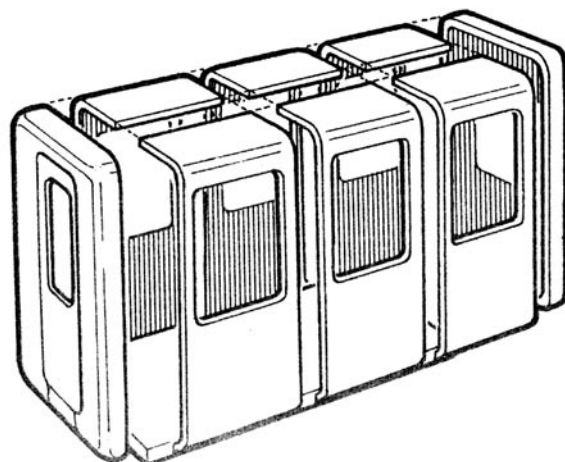
Herst.: Eschmann AG, Thun für Olympiade '72 und Schweiz,
Raster, n-mal 1,5 m², räumliche Elemente als Zelle, Raumzellenbreite 1,50 m, Höhe 2,20 m,
GFK – 20 mm PUR-Schaum – GFK
mehrmalige Ausführung

Beispiele:

- Firma pizol Plast AG, Sargans, Schweiz, Standort: Lausanne / Ouchy, Quai d'Ouchy (Foto Mitte)
 - Flughafen Bristol, GB
 - Parkplatzhäuschen in Köln, 2001 (FOMEKK: Köln 2001)
- anderweitige Beispiele: Fa. Glasdon Limited, GB (Europa. In: *Architectural Review* Nr. 943 Heft 9 (1975), S. 5 (Werbung)), MIT-Gelände Boston/Camebridge, USA

Abb.:

- Forum: Kiosk aus Kunststoffteilen. In: *Bauen + Wohnen* Heft 12 (1972), S. 528
- FOMEKK: Lausanne, Schweiz. Exkursion, 2005, - Archivmaterial
- FOMEKK: Cornwall, GB Exkursion, 2005, - Archivmaterial

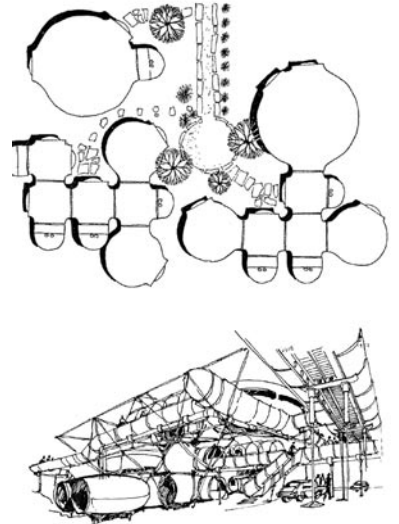
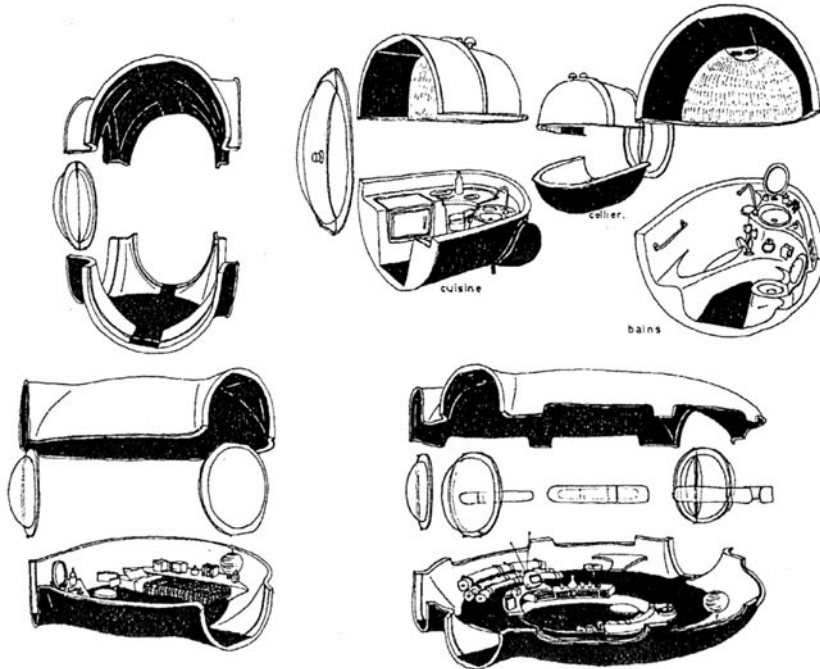
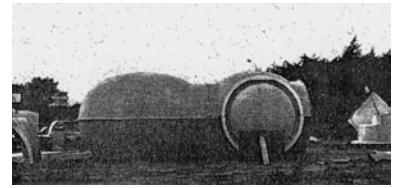


Arch.: P. Hausermann, P. le Merdy
7,50 m x 3,50 m große Blasen, verschiedene Nutzungen
1 Aufenthalt, 2 Zimmer, 3 Verbindung, 4 Bad, 5 Küche, 6 WC
GFK-Sandwich und Acrylfenster

Schale
Raumzelle

in Ortschaft Douvaine (Haute-Savoie) wurde ein Sport-Kulturzentrum realisiert

- Hausermann, P.; Le Merdy P.: Les Domobiles.
In: *techniques et Architecture* Heft 292 April (1973), S. 82



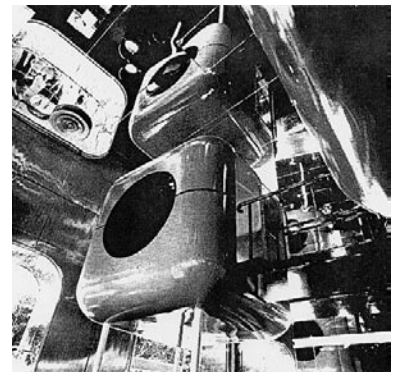
Mirolege, Algerien

1971 / 13

Büros der Gesellschaft Travail Aérien, Algier
Arch.: G. Grandval
drei Büros aus je zwei Elementen zusammengesetzt
GFK und Polyurethanschaum
einmalige Ausführung

Raumzelle

- Coques. In: *technique & Architecture*, Serie 33, Heft 3, April (1971), S. 39

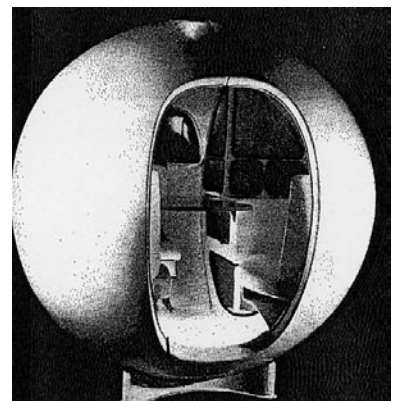
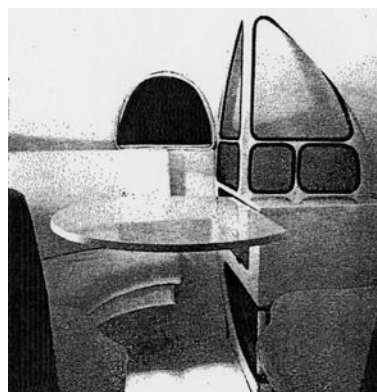


Sphere d'isolement, Frankreich

1971 / 14

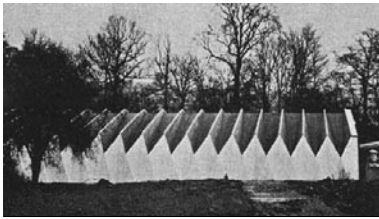
Designer: Claude Vidili
1,85 m Durchmesser, zwei Bänke und variabler Arbeitsplatz im innern
Aufenthalt für 4 Personen
indirekte Beleuchtung durch transluzenten Boden
Prototyp

Raumzelle



- Coques. In: *technique & Architecture* Serie 33,
Heft 3 April (1971), S. 39

Falte
Gebäudehülle

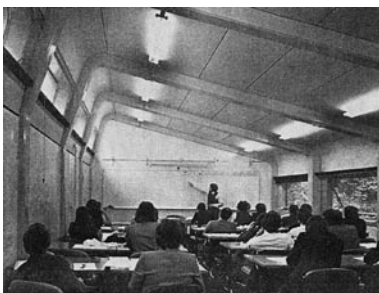
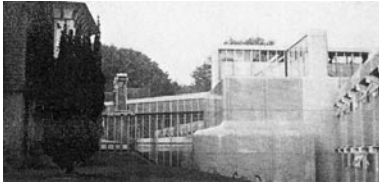


Hallenkonstruktion, GB

Entw.: Fa. Anmac Ltd. Nottingham
 Falttragwerkkonstruktion, 1,20 m Breite der Elemente, 25 m Spannweite bei einschaligem GFK, für Sandwichbauten noch größer
 Lichtdurchlässigkeit von 70%
 Verbindung durch Aufkleben von PVC-Rohrstücken
 mehrmalige Ausführung

- Forum: Hallenkonstruktion aus GFK. In: *Bauen + Wohnen* Heft 9 (1971), S. 378
- Makowski, Z.S.: The Structural Applications of Plastics. In: *Plastics in Building tomorrow Symposium*, 12. April 1972, S. 16

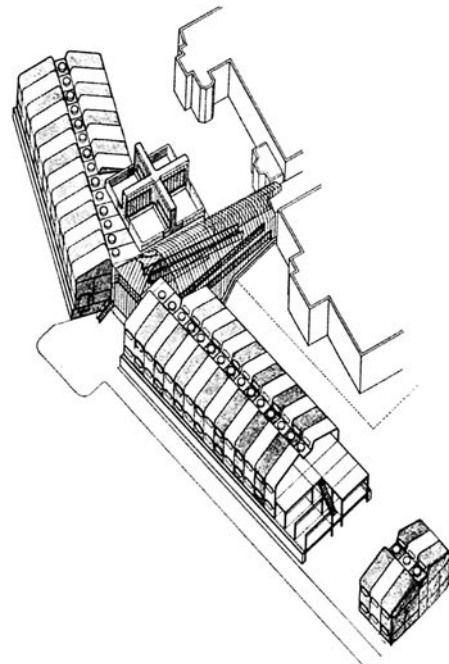
Gebäudehülle



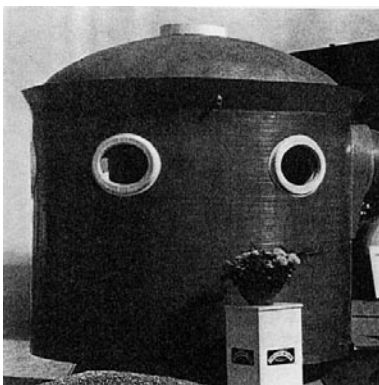
Olivetti Training Centre, Haslemere, Surrey, GB

Arch.: James Stirling und Partner
 Ing.: D. Powell, I.C.P., Polyplan Ltd. Leicester
 Herst.: Anmac, Nottingham, Handlaminierverfahren
 Anbau an ehemaligen Landsitz aus Jahr 1900, Wohn- und Lehrtrakt angebaut
 Außenhülle selbsttragende GFK-Platten die von der Dachmitte bis zur Bodenplatte des Obergeschosses frei spannen, Stahlbetonkonstruktion tragend
 2 m breite Wandelemente, 6 m spannende Dachelemente
 GFK-Sandwich mit 12 mm PUR-Schaumkern, insg. 32 kg/m³ GFK, 101 kg bzw. 254 kg
 Farben lohbraun und blaßgelb
 Innenverkleidung 6 mm glasfaserverst. polymerplastifiziertem Zement, Herst. Elkalite Ltd., Arundel
 einmalige Ausführung, existent

- Saechtling, Hansjürgen: Olivetti Training Centre, Haslemere, Surrey.
 In: *plasticconstruction* Heft 4 (1974), S. 218-220



Röhre
Ausstellung



Informationsstand, BRD

Kunststoffmesse K'71
 Entw.: Staffelstein Kunstharzverarbeitung
 aus einem Behälterschuß hergestellt

- Binder, Gerhard: Bauteile, Baustoffe, Bauzubehör. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1971) S. 982-983

Kugelpavillons, BRD

1971 / 17

für Deutsche Industrieausstellung in Sao Paulo, Brasilien

Arch.: Dr. Lippsmeier

Ing.: Stefan Polonyi

Herst.: ISOLAG Mölln

Rippenkuppeln D = 6,3 m; 12,6 m; 19 m

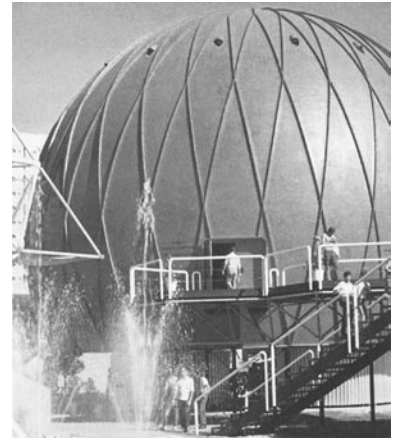
t = 4,5-5 mm GFK

Verbindungs- und Versteifungsflansche

h = 100 mm hoch, t = 15 mm

Schale
Ausstellung

- Polónyi, Stefan; Walochnik, W.: *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst und Sohn, 2003, S. 231-232



Ausstellungspavillon, BRD

1971 / 18

Ing.: Stefan Polonyi

auf der K'71 in Düsseldorf

Herst.: Reichhold-Albert Chemie AG

Ausführ.: ISOLAG Mölln

aus sphärischen Dreiecken zusammengesetzte Kugelschale, 13 m Durchmesser

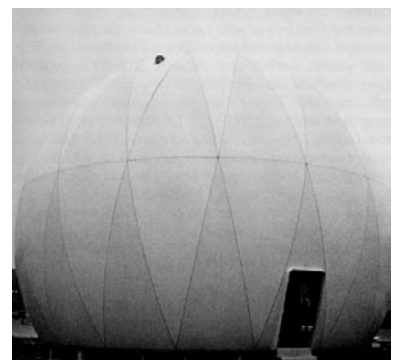
auf Kugelinnenseite über Flansche verschraubt, leuchtend gelb

GFK – PUR – GFK

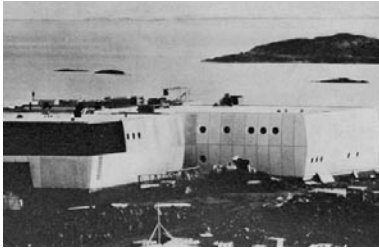
2 mm – 10 mm – 2 mm

Schale
Ausstellung

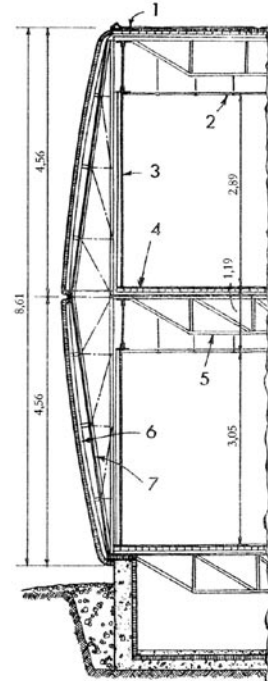
- Polónyi, Stefan; Walochnik, W.: *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst und Sohn, 2003, S. 233



Fassade



Arch.: Papineau, Gérin-Lajoie, Le Blanc, Edwards, aus Montreal
 Modulmaß von 6 Fuß (1,829 m), tragendes Stahlgerüst
 Streifenfundamente liegen auf Permafrostschicht auf
 Erdgeschoßboden um 3 Fuß (91,44 cm) über Gelände, keine Wärmeabgabe nach unten
 Fassaden-Sandwich mit 5 cm Schaumstoffdämmkern, k-Wert 0,1
 Farbigkeit: unten Blau, oben Weiß
 Temperatur bis -48 °C, Windgeschwindigkeit
 bis 160 km/h
 einmalige Ausführung, existent

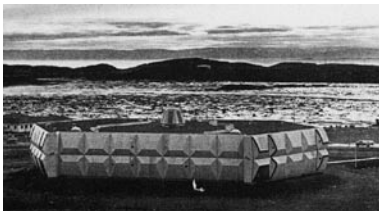


- Elementierte Bauten in Nord-Kanada.
 In: *Baumeister* Heft 3 (1973), S. 330-332
 - Gerin-Lajoie, Guy: GFK für Bauten im
 hohen Norden. In: *plasticonstruction* Heft 2 (1974), S. 58.

- 1 Dachdeckung
- 2 abgehängte Akustikdecke
- 3 Montagewand
- 4 1,5 cm Sperrholz über 7,5 cm Nut-
und Federbretter
- 5 Stahlblechträger
- 6 glasfaserverstärkte Kunststoffplatte
mit 5,0 cm Isolierschicht
- 7 Leichtstahlkonstruktion

Elementary School, Canada

Fassade

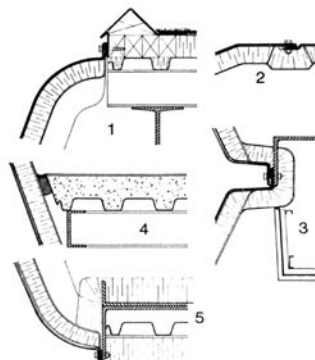
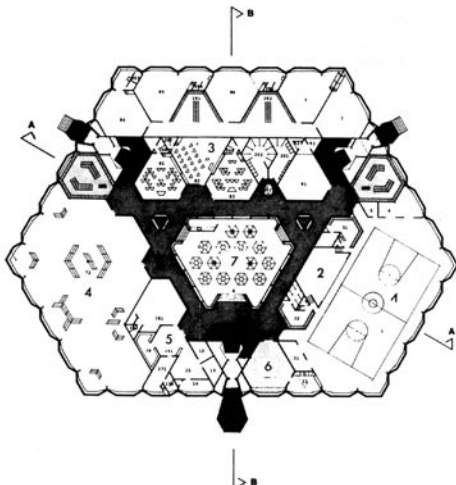
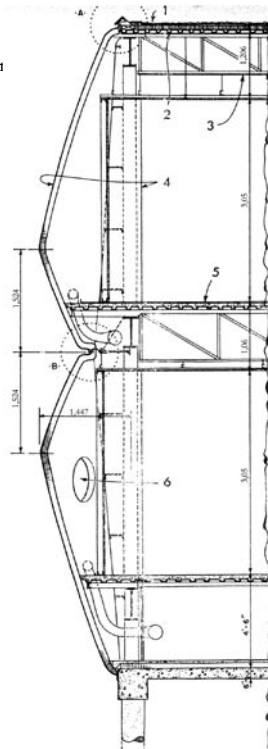


Arch.: Papineau, Gérin-Lajoie, Le Blanc, Edwards, aus Montreal
 Standort: Frobisher Bay
 Wandelemente: 4,76 mm flammwidrige GFK-Außenhaut -
 51 mm PUR-Schaumdämmung - 3,16 mm GFK mit EP-Harzlackier
 einmalige Ausführung, existent

- Elementierte Bauten in Nord-Kanada.
 In: *Baumeister* Heft 3 (1973), S. 330-332
 - Gerin-Lajoie, Guy: GFK für Bauten im
 hohen Norden. In: *plasticonstruction* Heft 2 (1974), S. 58-61

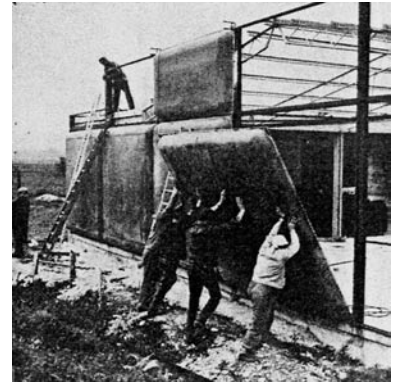
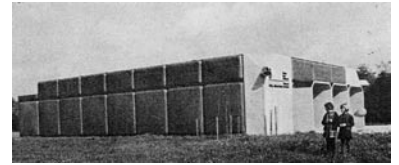
- 1 Turnhalle
- 2 Bühne
- 3 Kindergarten- und Vorschulbereich
- 4 offene Klassen, Diskussionsforum
- 5 Schulleitung
- 6 Frühstücksraum
- 7 Bibliothek

- 1 Dachabdeckung auf 7,5 cm feste Isolierschicht
- 2 Stahlblechdecke
- 3 Doppel-T-Träger
- 4 Sandwichplatte, Metallstütze, Gipskartonplatte
- 5 5,1 cm dicke Betonplatte auf 2,7 cm Stahlleichtdecke
- 6 dreifachverglaste Fenster

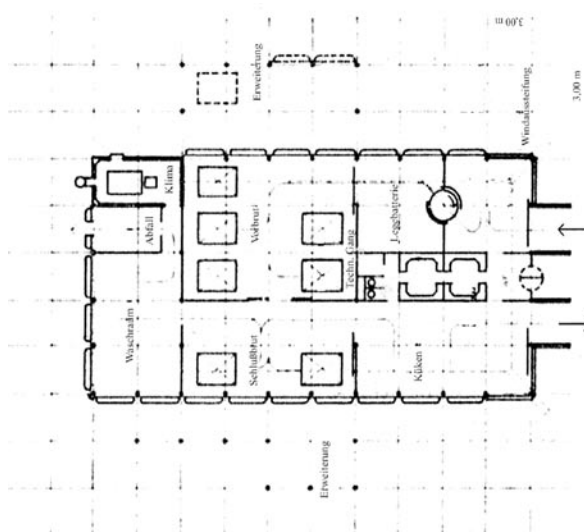


Arch.: Karl Odorizzi
zweischaliges GFK-Element als Wand
im Handauflegeverfahren hergestellt
GFK – PUR-Schaum – GFK
einmalige Ausführung

Fassade



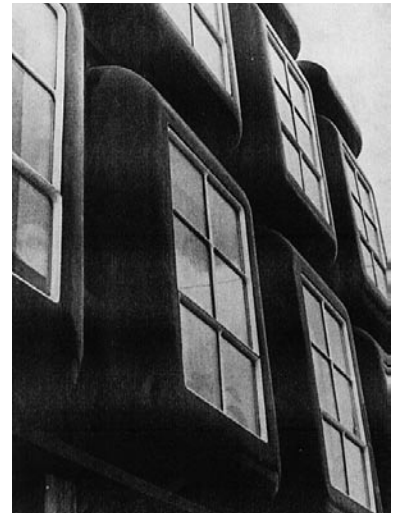
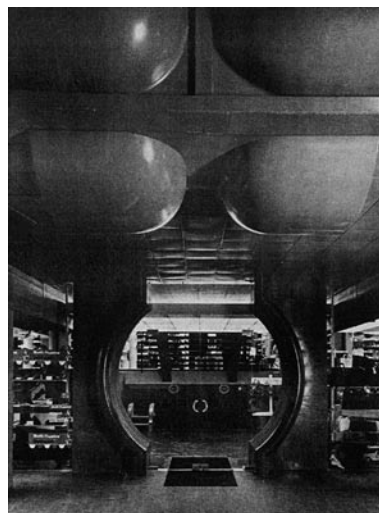
- Odorizzi, Karl: Hühnerfarm. In: *Element + Fertigbau* Heft 11 (1971), S. 14-15



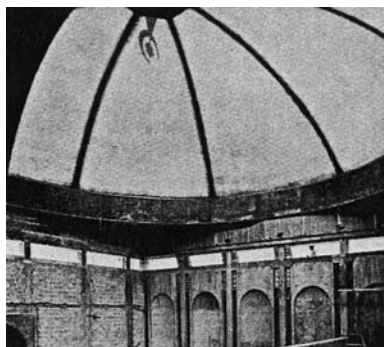
Arch.: Karl Odorizzi
Schuhgeschäft, 3-geschossig,
Polysterelemente der Fassade und der Innenausstattung
einmalige Ausführung

Schale
Fassade

- Odorizzi, Karl: Schuh-Koch.
In: *Element + Fertigbau* Heft 11 (1971), S. 12-13



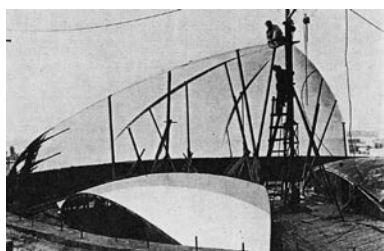
Schale
Überdachung



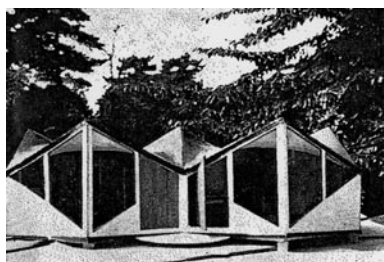
Sheikha Badrieh Moschee, Kuwait

Herst.: Middle East Reinforced Plastic Industry, Beirut, Libanon
GFK-Überdachung aus 8 identischen Elementen
17,10 m Durchmesser, 4 m Höhe
transparent
einmalige Ausführung

- Makowski, Z.S.: Methods of Building Self Supporting Plastics Structures. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1971), S. 58-61



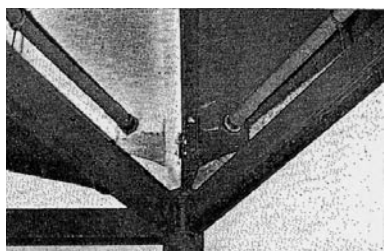
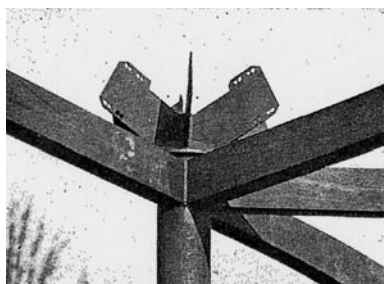
Schale
Überdachung



Habitation de loisir, Frankreich

Ferienhaus
Arch: Yves Chaperot, System Polycorolles
Hyparflächen 7 m x 4,04 m, 14,14 m² Oberfläche
gesamt 42,42 m² Grundfläche
einmalige Ausführung

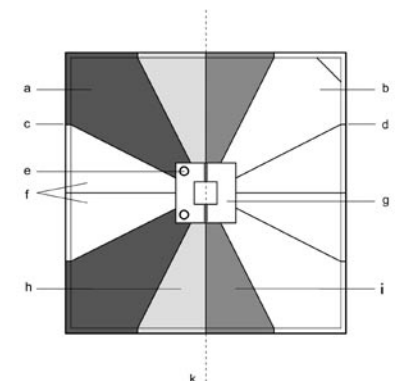
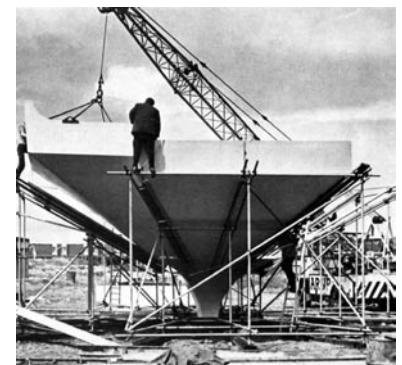
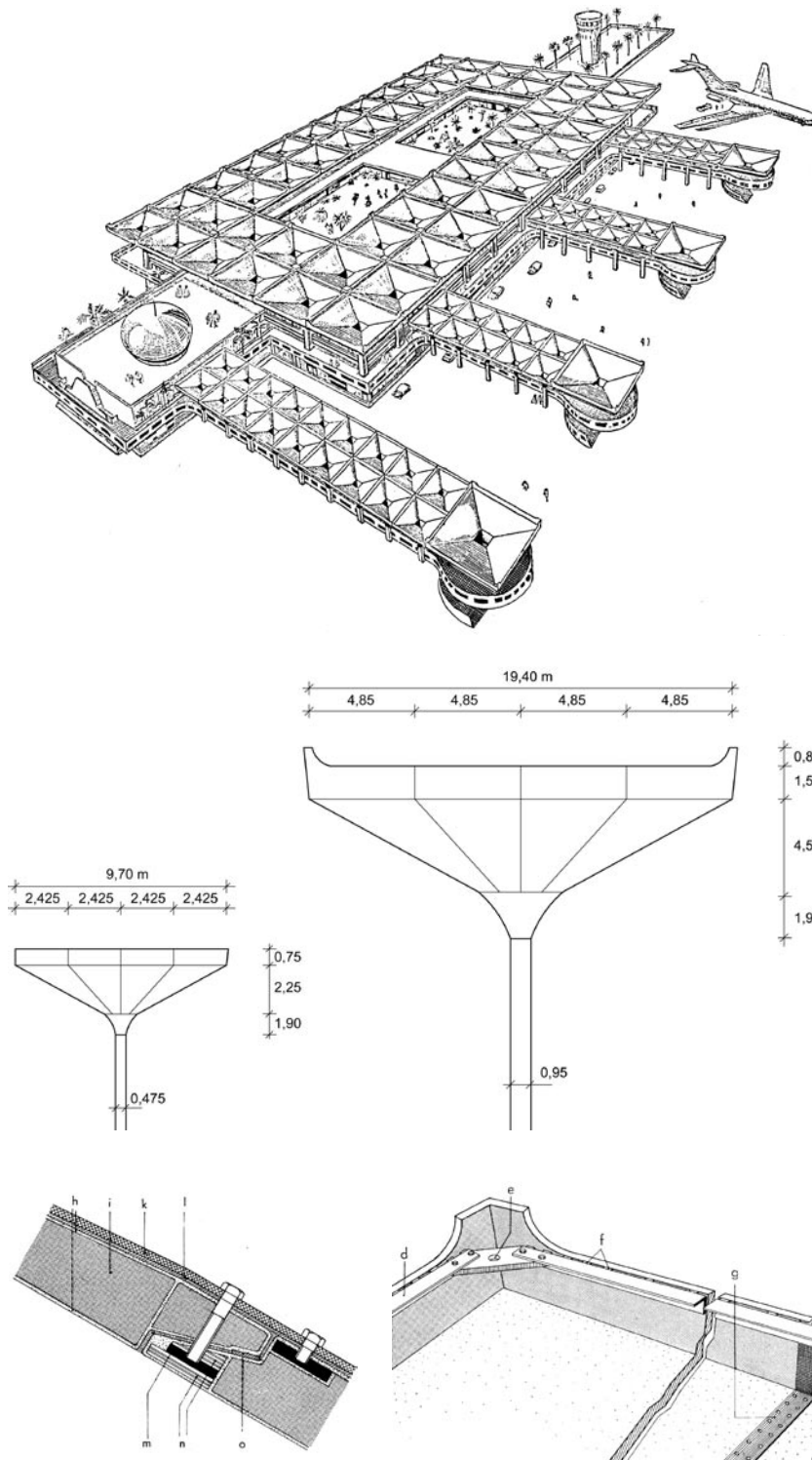
- Chaperot, Yves: Les Polycorolles. In: *technique & Architecture* Heft 3 April (1971), S. 58



Arch.: Brian Broughton, Page
 Herst.: Mickleover Ltd., London
 Gesamtfläche 233 m x 116 m,
 drei Gruppen: Dach für Abfertigungsgebäude und Zubringern, Kuppel für Prominentenwarthalle
 und Dach für den ca. 25 m hohen Kontrollturm, dessen Fassade von GFK-Paneele umhüllt ist
 Abfertigungsgebäude aus 54 kleinen und 56 großen quadratischen Polyesterpilzen
 19,4 m x 19,4 m, h = 7,90 m; 9,70 x 9,70 m, h = 4,90 m
 Gesamtwanddicke 58 mm
 einmalige Ausführung, existent

Pilze
 Überdachung

- Empfangsgebäude des Flughafens von Dubai am Persischen Golf.
- In: *Detail* Heft 5 (1972), S. 969-972
- Williams, R.J.: Dubais Tor zur Welt. In: *plasticonstruction* Heft 6 (1971), S. 261-265
- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 523
- Genzel, Elke; Voigt, Pamela: *Kunststoffbauten – Teil 1: Die Pioniere*. Weimar: Universitätsverlag, 2005, S. 243-251



- a ECKELEMENTE MIT KRONE
- b ECKELEMENTE OHNE KRONE
- c KANTE OHNE BESCHLAG
- d KANTE MIT BESCHLAG
- e ÜBERLAUF
- f EBENE ZWISCHENELEMENTE
- g FUßSTÜCK ODER TRICHTER
- h ZWISCHENELEMENT RECHTS
- i ZWISCHENELEMENT LINKS
- k ORIENTIERUNGSLINIE

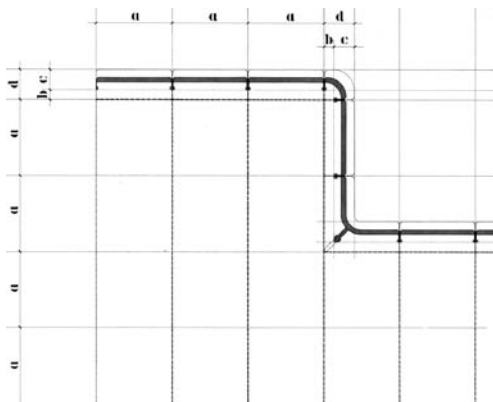
Detail Verbindungsstoß der Segmente mit dem trichterförmigen Mittelteil
 h Kunststoffschale
 i Phenolschaum-Isolierung
 k Alu-T-Profil
 l Mastic-Dichtung
 m Stahlplatte
 n Sperrholz-Ausfütterung
 o imprägniertes Dichtungsband

Detail C
 d Metallwinkelprofil
 e Einhängeloch für Kranmontage in der Eckkonsole
 f Distanzstücke
 g T-Profil

Platten
Wohnhaus



- a** = ELEMENTRASTER 1,25 m / 1,25 m
(ACHSMASS FÜR WAND- U. DECKEN-
ELEMENTBREITE, SOWIE FÜR
INNENAUSBAU - WAND- U. DECKEN-
ELEMENTE)
- b** = PASSMASS 0,16 m
(ACHSMASS FÜR DIE BREITE DER
INNENAUSBAU - RAND-DECKEN-
ELEMENTE)
- c** = WANDELEMENTTIEFE 0,34 m
(OHNE KOPFSTÜCK GEMESSEN)
- d** = WANDELEMENT-TIEFENRASTER 0,50 m
(ACHSMASS FÜR WANDELEMENT-
TIEFE MIT KOPFSTÜCK GEMESSEN)



Entw.: Wolfgang Feierbach

Herst.: fg design (Wolfgang Feierbach), Altenstadt

Positive und negative ECKelemente ermöglichen es, Gebäude mit beliebigem Grundriss nach gleichartigem Konstruktionsprinzip zu erreichen,

Hochflanschelemente für Wand und Decke

6 mm GFK – 60 mm Hartschaum – 4 mm GFK – 200 mm stehende Luftschicht – 19 mm

Tischlerplatte – 10 mm Schaumstoffschicht – Textilbespannung, insg. 34 mm

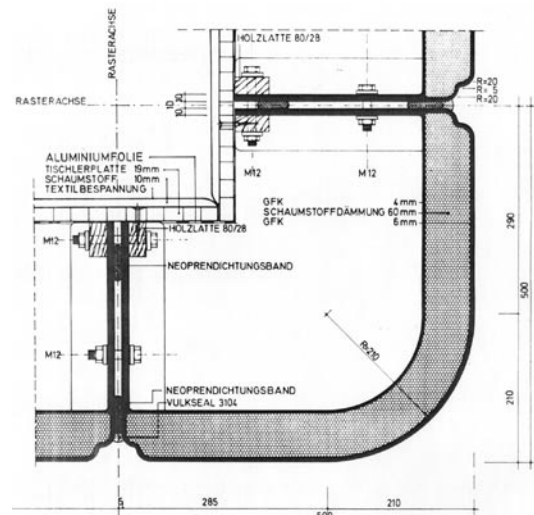
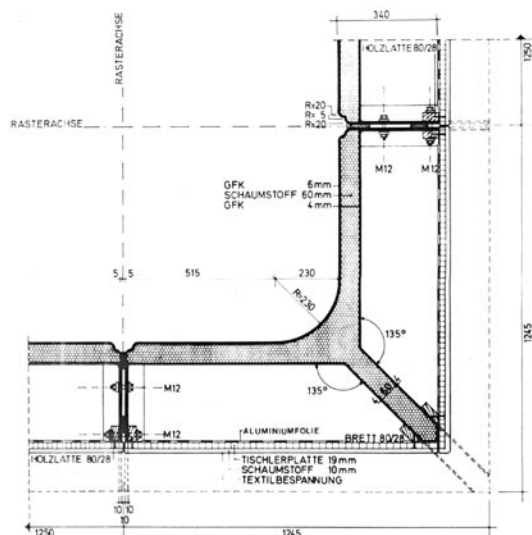
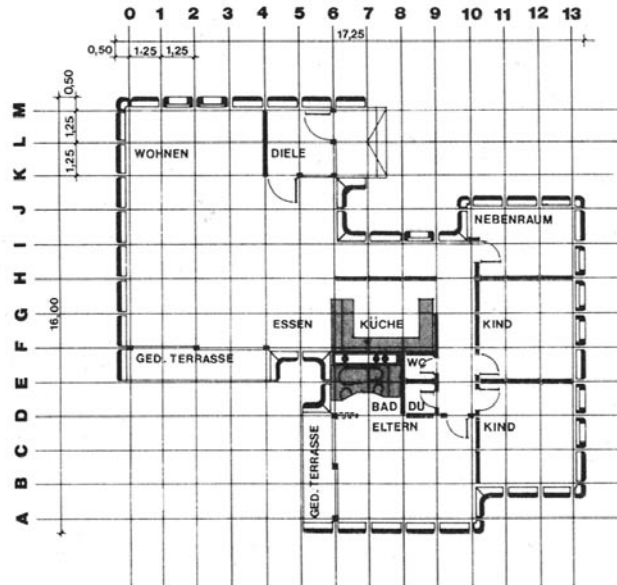
mehrmalige Ausführung

- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 510

- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, S. 46

- Kunststoffhaus fg 2000. *Schriftenreihe* "Bau- und Wohnforschung" des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau Bonn – Nr. 04.001, Bad Godesberg, 1973

- Feierbach, Wolfgang; Misske, M.: *Kunststoffhaus fg 2000*. fg design Altenstadt: 1970, Planungsmappe



Musterhaus der Firma Suhrborg & Co. GmbH (1972) in Wesel-Bislich

Herst.: Le Comte-Holland N.V., Vianen

Entwurf und Prototyp stammt von Concept International Enterprises Ltd., Canada von 1964

Grundrissvarianten, 90 m² Grundfläche = Beispiel

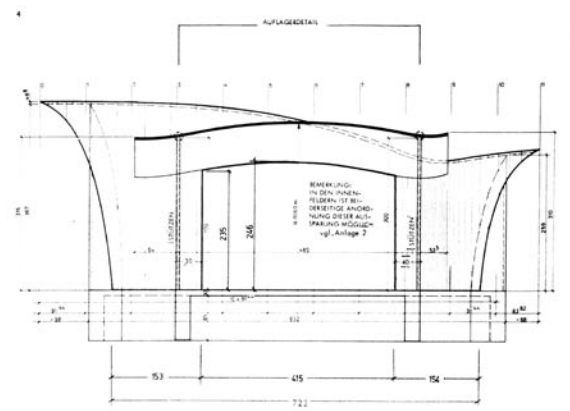
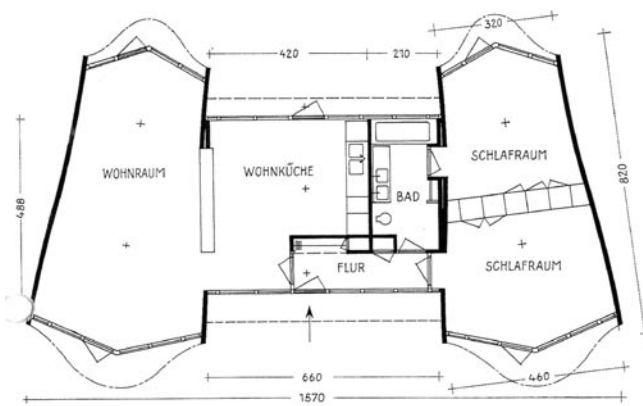
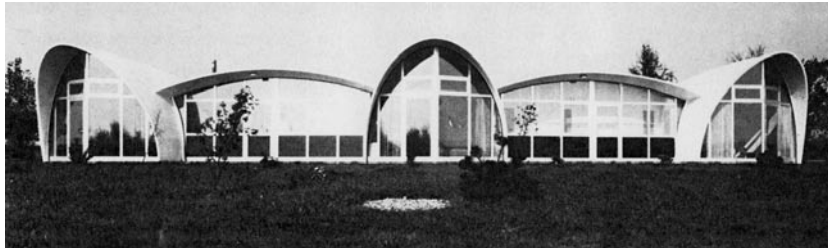
GFK – PUR-Schaum – GFK, hölzerne Randversteifung der Schalen

Schale
Wohnhaus

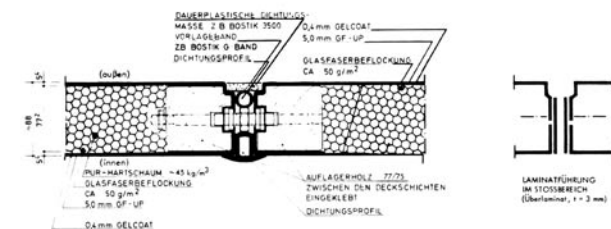
- Holländischer Bungalow. In: *plasticstruction* Heft 6 (1972), S. 286

- Langie, Carsten: „Gemini“ – Konstruktion und Berechnung.

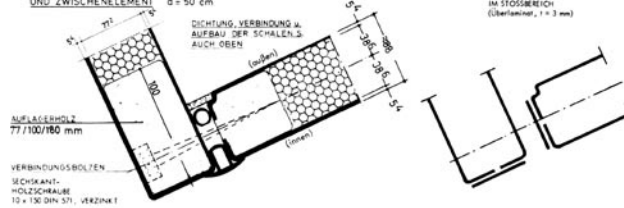
In: *plasticstruction* Heft 4 (1976), S. 125-130



7 ANSCHLUSS IN BODENMITTE $\phi = 50$ cm



8 ANSCHLUSS ZWISCHEN HAUPTBOGEN UND ZWISCHENELEMENT $\phi = 50$ cm



Oegema, NL

1972 / 03

Arch.: Oegema

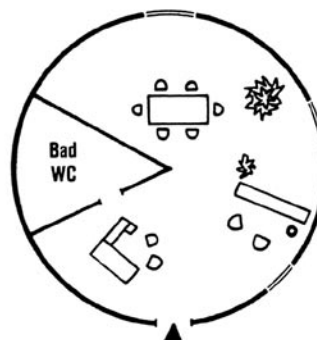
Schale
Wohnhaus

- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart:

Deutsche Verlags-Anstalt, 1974, S. 42

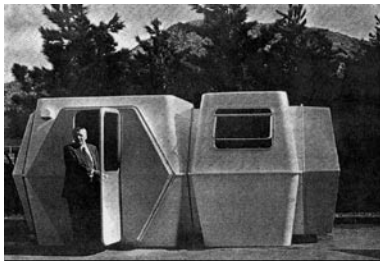
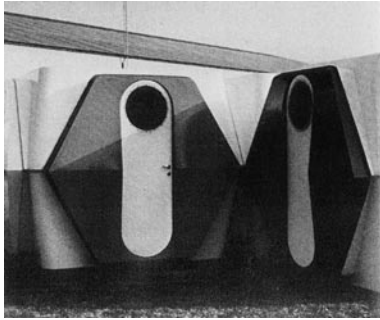
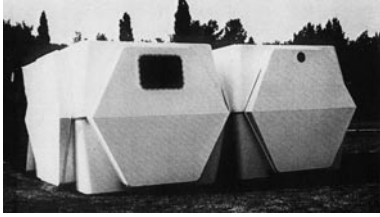
- Gay, R.: *Wohnen in Kunststoff*: vorerst noch nicht.

In: *hobby* Heft 21 (1972), S. 54



1972 / 04

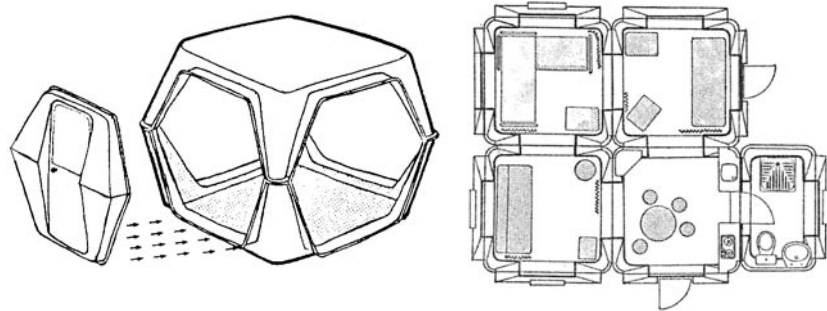
Ferienhaus / Schutzhaus



L'Hexacube auch CUBING genannt, Frankreich

Arch.: Georges Candilis, Anja Blomstedt, Paris
 Herst.: CIFAM, Toulouse
 Sandwichelemente mit 30 mm PUR-Hartschaum
 2,50 m x 2,50 m oder 3 m x 3 m
 z.B. in Leucate (Mittelmeerküste) aufgestellt

- Candilis, Georges: „L'Hexacube“ - Kunststoffraumzellen.
 In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 144-145
 - David, Paul Henri: Maisons Mobiles, Architecture Modulaire.
 In: *technique & Architecture* Nr. 99 (1973), S. 57, 75



1972 / 05

Schale
 Gebäudehülle



CF 100/200, Finnland

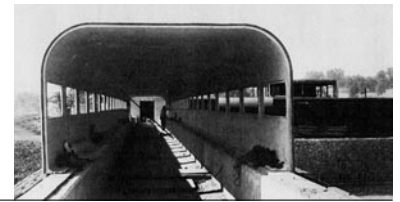
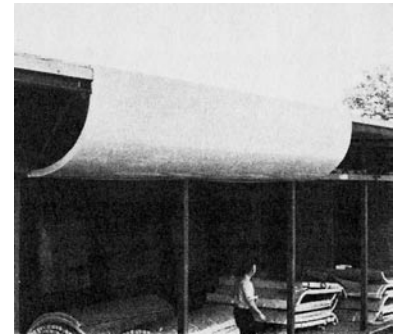
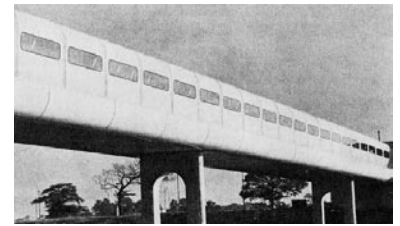
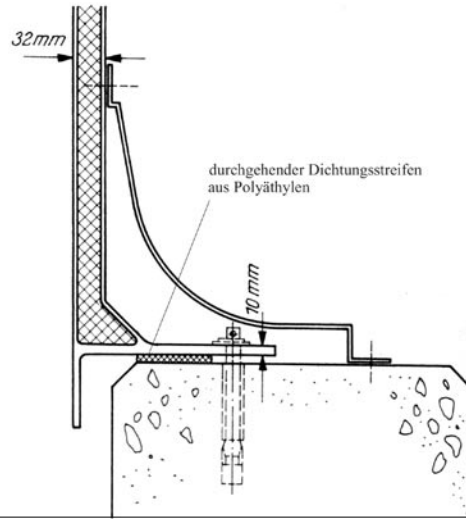
Tankstelle aus Schale als Dach und Raumeinheiten
 Arch.: Matti Suuronen
 Herst.: Fa. Polykem, Helsinki
 GFK-Sandwichkonstr., 100 m² Oberfläche
 mehrmalige Ausführung
 Standort: Lempaälä bei Helsinki

- Suuronen, Matti: Ansio – Ja Työluettelo. Espoo, 1983. - *Firmenschrift*
 - FOMEKK: Exkursion Helsinki, 2004, *Archivmaterial*

Standort: Raststätte Corley bei Coventry
 Motorway service area bridge
 Arch.: Garnett, Cloughley, Blackmore & Ass.
 Herst.: Mickleover of London Ltd.
 insg. 68,5 m lange Brücke, 3,5 m Breite, 2,60 m lichte Höhe
 allseitige Kunststoffverkleidung, Elemente 3,15 m x 1,90 m
 runder GFK-Gesims für gleichmäßige Optik
 Außenschalen hellgrau, Innenschalen gelb
 einmalige Ausführung

- Williams, R.J.: Brückenüberdachung aus Glasfaserkunststoff.
 In: *plasticonstruction* Heft 5 (1972), S. 213-214

gekrümmte Platte
 Gebäudehülle

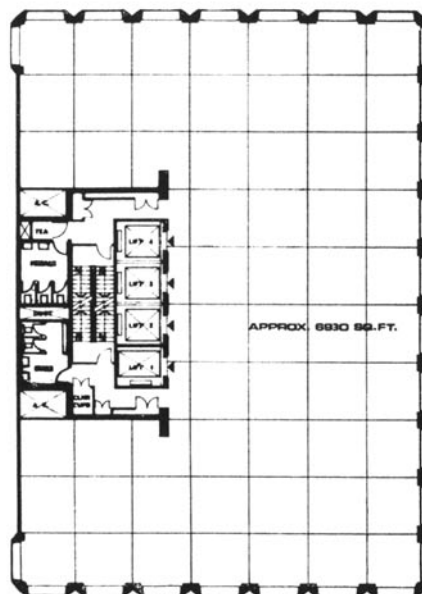


Sabemo House, Australien

Arch./Designer: Vittorio A. Moratelli, Leiter von Sabemo Pty. Ltd.
 1968 orangene Fassadenplatten aus GFK für ein Stockwerk, Sydney, 201-211 Miller Street
 Dom auf gleichem Hochhaus der Firma Sabemo, ca. 60 m üN., Sydney,
 Überdachung der technischen Ausrüstung des Hochhauses, D= 18,3 m, 8,2 m hoch
 aus 12 Teilen zusammengesetzt, GFK mit Polyurethanschaum, 8,6 cm dick
 25-stöckig mit hellblauer Fassade aus GFK, Perth, Westaustralien
 Vorhangfassade mit 3 m x 3 m, 227 kg ohne Glas,
 Handauflegeverfahren, 6 Schalungen für 650 Fassadenelemente
 GFK – Polyuretuanschaumkern – GFK
 zweimalige Ausführung

Schale,
 Gebäudehülle, Fassade

- Winfield, A.G.: GFK-Verkleidung für Hochbau in Sydney.
 In: *plasticonstruction* Heft 2 (1973), S. 53-56



Pilze
Überdachung

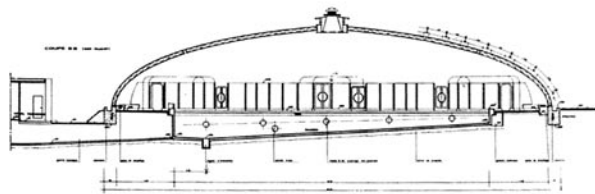
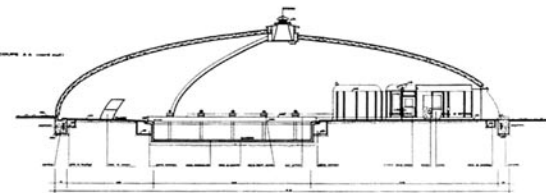
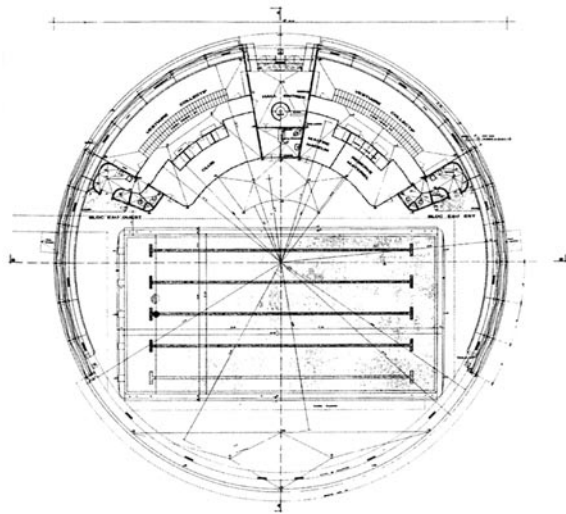


Tournesol Schwimmhalle, Frankreich

Arch.: Bernhard Schoeller
Ing.: Thémis Constantinidis
Herst.: CERER Paris
34 m Durchmesser, ca. 1020 m² Grundfläche
GFK Sandwichelemente zwischen Bögen in Stahlleichtbau
ges. 40 mm, mit Phenolschaumkern
2 bewegliche Segmente
Trennwände der Umkleieräume, sanitäre Einrichtungen in GFK
180 Exemplare zwischen 1972-1984 realisiert
Prototyp in Nangis (Seine et Marne) (Abb. oben),
anderer in Roissy-en-Brie bei Paris (zweite Abb. von oben)
Variation der Fassade, Typ Alfa in Douvrin, Nord (Abb. unten)



- >>Tournesol<<, Sonnenfang. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1975), S. 28
- Monnier, G.; Klein, R.: *les années ZUP*. Paris: Éditions A. et J. Picard, 2002, S. 12, 91 ff.



Pilze
Überdachung



Tankstellen, Belgien

Bauherr: GB Super Bazzars
Herst.: Djem International, Braibant
4 bis 6 Überdachungen pro Tankstelle,
GFK-Formstücke $t=5$ mm, 7 m x 3,4 m,
GFK Tragsäulen 3,3 m Gesamthöhe, 3 m freie Höhe
eingeförmte Stahlverankerung
zweiteiliges Formwerkzeug
bis zur Veröffentlichung wurden 130 Stück errichtet

- Ladyjensky: Vorgefertigte GFK-Tankstellen. In: *plasticconstruction* Heft 4 (1972), S. 187

All-plastic house, USA	1973 / 01	Europlastique 1974, Frankreich	1974 / 08
Yadokari Kunststoffzelle, Japan	1973 / 02	Fassaden, Brasilien	1974 / 09
Dauerbivak am Dolent, Schweiz	1973 / 04	Mondial House, GB	1974 / 10
Fußgängerbrücke, GB	1973 / 05	Union-Carport, BRD	1974 / 11
Passagierüberführung in Adrossan, GB	1973 / 06	Keraplay, BRD	1974 / 12
Ausstellungshalle in Torquay, GB	1973 / 07	Kletterplastik, Schweiz	1974 / 13
ISV-Kunststoffstall, Ungarn	1973 / 08	Spielelemente, DDR	1975 / 01
Vanessa Radrave Nursery School, GB	1973 / 09	Heli-Camp Mobilbauten, Singapore	1976 / 01
Fort Chimo-Flughafengebäude, Kanada	1973 / 10	BANGA Raumzelle, Italien	1976 / 02
Morpeth-Secondary School, GB	1973 / 11	Behälter, DDR	1976 / 03
Lozziwurm, Schweiz	1973 / 12	Fassade in Valence, Frankreich	1976 / 04
Spielplastik, Schweiz	1973 / 13	Fußgängerbrücke, BRD	1976 / 05
Spielgeräte, Frankreich	1973 / 14	Patfoort-Housing-System, Griechenland	1977 / 01
Sports Centre, GB	1974 / 01	My My Wohnkapsel, Japan	1977 / 02
Leisure Centre, GB	1974 / 02	Leuchtturm, BRD	1977 / 03
Idlu, Kanada	1974 / 03	Bürohausfassade, NL	1977 / 04
Anchorlite Habitat, Süd Afrika	1974 / 04	Dachschalen für EFH Huster, BRD	1977 / 05
Ski lodge, Japan	1974 / 05	Raststätte Pratteln, Schweiz	1978 / 01
Fertighäuser für Radiostationen, Norwegen	1974 / 06	Markthalle in Blois, Frankreich	1978 / 02
Caravan für Dauergebrauch, Dänemark	1974 / 07	Fliegende Bauten, BRD	1980 / 01

Nutzung	Nutzungsart	Serienproduktion durch identische Teile (mind. 5)	einmalige Ausführung	Serie der Bauten
Wohnhaus	-	-	-	-
Zweithaus / Schutzhaus / Raumzelle	14	6	2	8
Gebäudehülle	9	7	7	1
Ausstellung	-	-	-	-
Fassade	8	8	5	3
Überdachung	6	5	2	4
Spielgerät	16	10	2	-
Summe	53	36	18	16

Platte
Zweithaus / Schutzhaus



all-plastics house, USA

traditionelle amerik. Architektur, einer Holzbaracke nachempfunden
Herst.: Dura-Plex Industries Inc., Peoria, Illinois
45 m² Grundfläche, 4-Bettzimmer Modell
ein weiteres Modell mit 10870 m² wurde in Steelville entwickelt und sollte 1974 herauskommen
Wand- und Dachplatten sind GFK-Sandwichs mit Urethanschaum als Dämmung, 7 cm dick
Prototyp 1971, ab 1973 in Massenproduktion gegangen

Plasticope 3: All-plastic house that 'looks like a house' goes into mass production. In: *Modern Plastics* Heft Juni (1973), S. 104

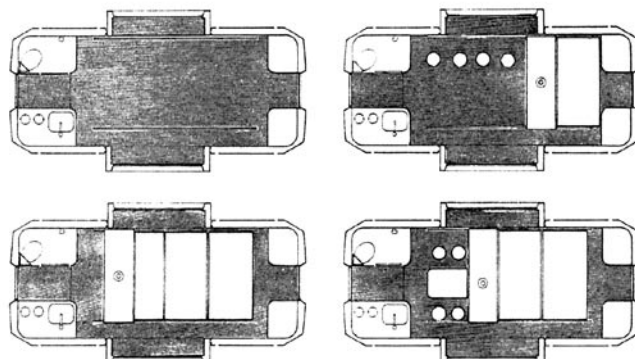
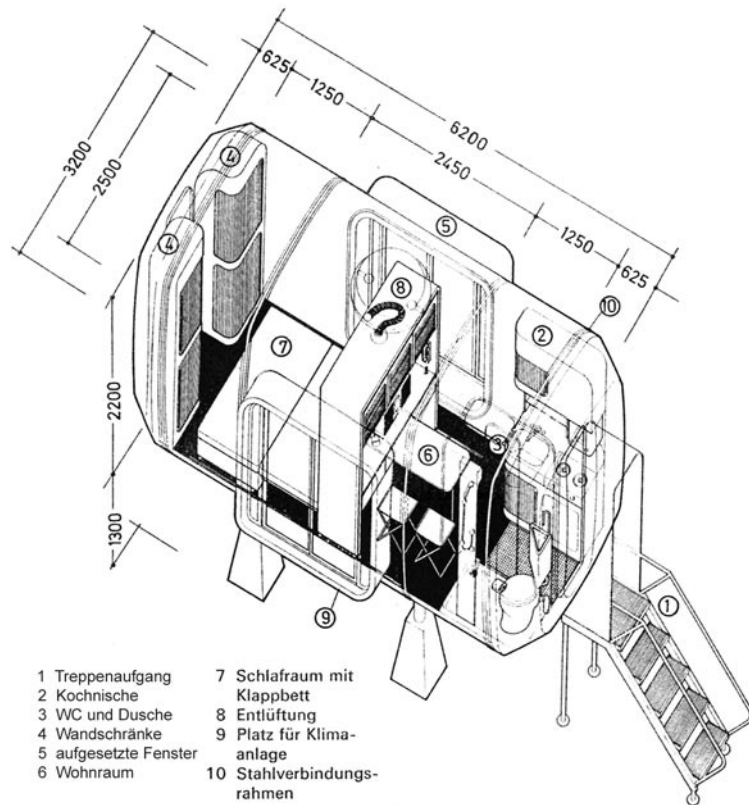
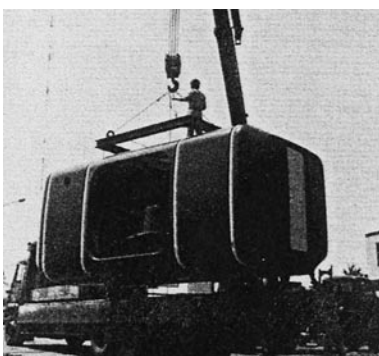
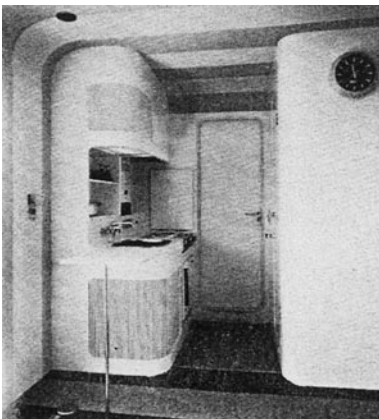
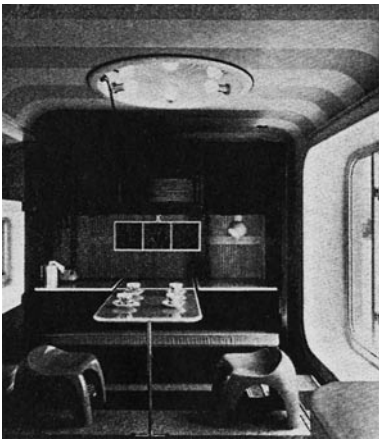
Platte
Zweithaus / Schutzhaus



Yadokari Kunststoffraumzelle, Japan

Entwurf: Ken Nishizawa & Noriyuki Asakura GK Industrial Design Inst., Tokyo
Herst.: Nikko Chemical Industry Co. Ltd., Tokyo
GFK Zelle mit Stahlrahmen Verstärkung
aus drei Grundeinheiten zusammengebaut: 2,45 m/1,25 m/ 0,625 m Länge x 2,5 m/ 3,3 m Breite
daher Räume von 9 m² bis 50 m² möglich
Wandaufbau 4 mm GFK – 70-140 mm Glasfaserdämmung – Sperrholz, 3 t Gewicht,
in weiß, gelb und orange erhältlich
mehrmalige Ausführung

- Sawada, Seija: Ein japanisches Raumzellenhaus. In: *plasticconstruction* Heft 5 (1974), S. 254-255



Entw.: Prof. Dr.-Ing. R. Ekchian, IASS, I.C.P., Romont

Bauherr: Club Alpin Suisse (C.A.S.)

Unterkunft von 12-14 Personen 5,86 m x 2,70 m, Schutzhütte für Bergsteiger
fest mit der Moräne des linken Ufers des Dolent-Gletschers in Höhe von 2660 m verankert
GFK – PUR-Schaum – GFK, 3 mm – 40 mm – 3 mm

Aufkantung 45 mm x 6 mm

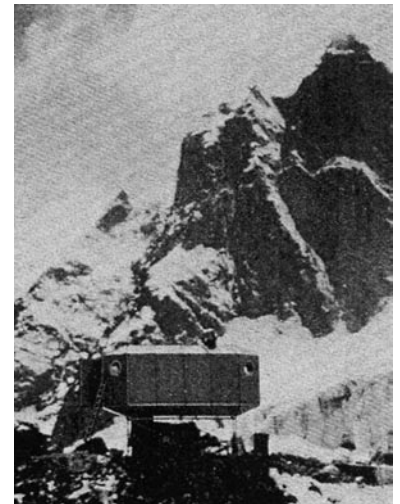
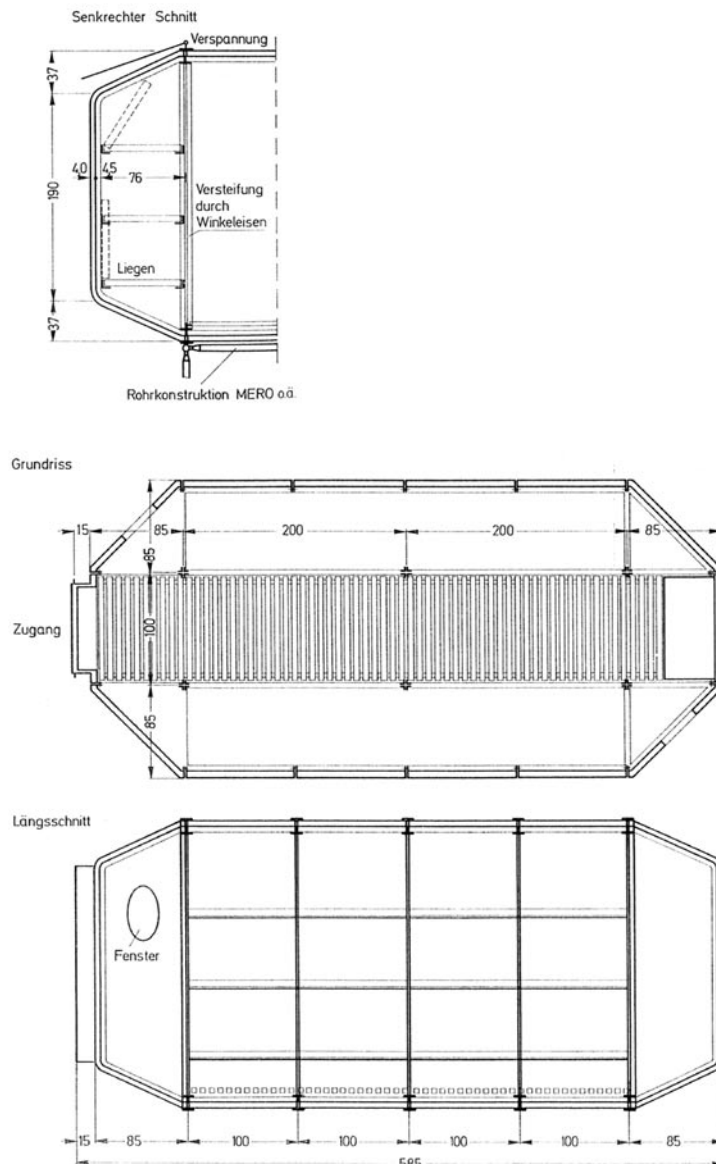
Dichtung aus Schaumgummi, 30/5 mm, Silikondichtung von außen

orangefarben (int. Farbe für Not-, Hilfs- und Rettungsdienste)

einmalige Ausführung

- Ekchian, R.: Grundsätze für die Konstruktion von Gebirgsbiwaks aus Kunststoffen.

In: *plasticonstruction* Heft 6 (1974), S. 299-301



Fußgängerbrücke, GB

1973 / 05

Standort: Gelände der English Electric in Liverpool

8-9 m Spannweite, Verbindung zwischen 3-stöckigem Bürohaus mit Betriebsgebäuden

vollständig aus GFK

Fußboden, Träger und Oberbau aus vorgefertigten U-Profilen aus verstärktem „eXtrem“-Material,
Dachteile im Kontaktverfahren geformt, in transluzentem Blau

einmalige Ausführung

Platte
Gebäudehülle



- Saechting, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 490

Passagierüberführung in Adrossan, Schottland, GB
Schiff – Eisenbahn – Abfertigungsgebäude

Arch.: Graham Law, James Dunbar-Nasmith, Edinburgh

Ing.: Ove Arup & Partners

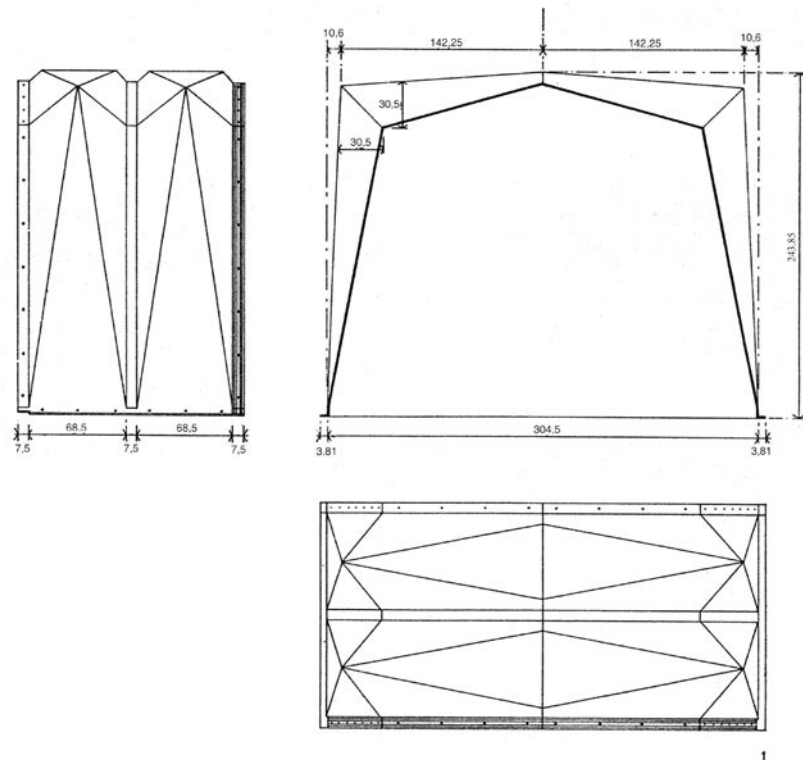
transparentes GFK-Faltwerk, ca. 150 m Länge

aus 75 selbsttragenden, einschaligen GFK-Elementen in Faltplattenkonstruktion, einschließlich Spezialformteilen für Zusammenbau und Winkelstücken

letzte Brückenteil ist durch Gelenk und hydraulischem Hebwerk in Höhe verstellbar
einmalige Ausführung



- Law, Graham: Schiff - Eisenbahn - Abfertigungsgebäude - Passagierüberführung in Adrossan (Schottland). In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 156-157
- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 490

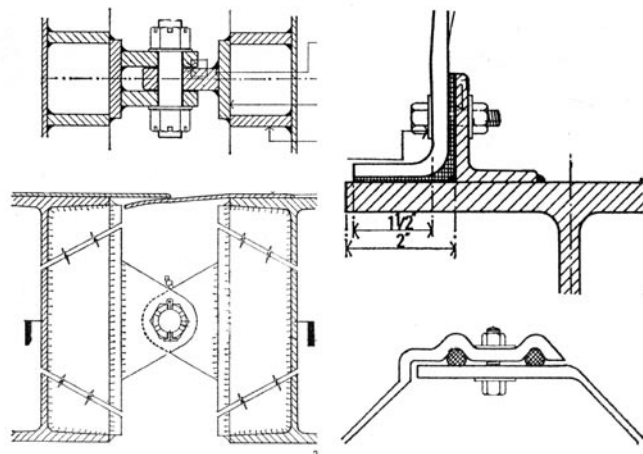


1 Schalelement aus transparentem GFK in Ansicht, Schnitt und Aufsicht (in cm)

2 Detail des Drehpunktes der Zugangsbrücke am Boden zu den Schiffen

3 Detail seitlicher Anschluß der GFK-Schalelemente an die Boden-Stahlkonstruktion

4 Detail der Überlappung und Verbindung der einzelnen GFK-Schalelemente

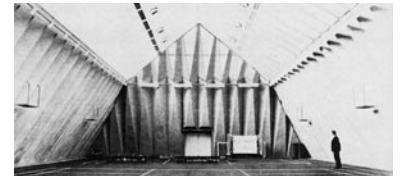


Ausstellungshalle in Torquay, GB

1973 / 07

Herst.: Anmac Ltd.
demonitierbares GFK-Ausstellungsgebäude,
Gesamtgebäude 25 m x 15,25 m, 2,13 m bis zur Traufkante
Elemente 7,62 m x 1,52 m, 80 kg schwer
einmalige Ausführung

Gebäudehülle



- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973, S. 490

ISV-Kunststoffstall, Ungarn

Fertigbausystem für Schweinehaltung

1973 / 08

Gebäudehülle

Entw.: ISV-Panelüzem, Gyál
selbsttragende Schalenbauteile als Wand und Dach
n = 1,20 m, ein Bauteil wiegt 140 kg, 12 m Spannweite
Sonderelemente mit Lichtöffnung, Türen, Dachlüftern, Giebelflächen
GFK – Polyurethan – GFK, 2 mm – 40 mm – 3 mm (innen nach außen)
größter Stall mit 72 m Länge, sonst zw. 36 m – 54 m
Verwendung auch als Turn- und Kleinschwimmhalle in Wohnsiedlungen
jährliche Produktion von 10 000 Elementen
mehrmalige Ausführung



- Marten, J.: Der ISV-Kunststoffstall. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1973), S. 74-75

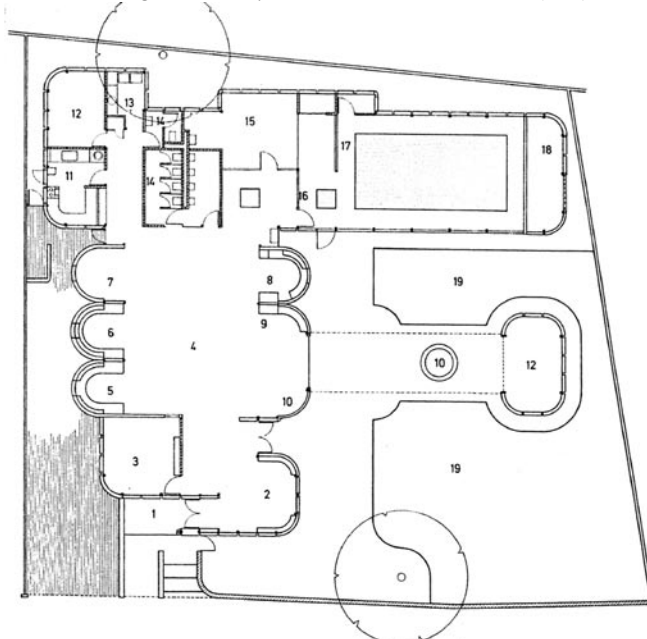
Vanessa Radgrave Nursery School, GB

1973 / 09

Fassade

Standort: Hammersmith
Arch.: Peter Crutch, Stuart McColl
Ing.: Charles Weiss & Partners
Herst.: Consulting-Firma Fitch & Co –Integral Plastics Ltd.
GFK-Fassadenelemente,
besondere architektonische Gestaltung und Farbkomposition

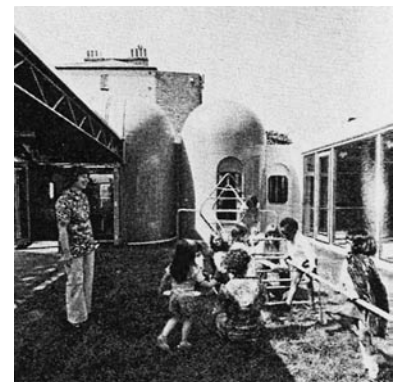
- Kirby, D.C.: „Vanessa Redgrave” Nursery School. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1974), S. 75-76



Grundriß

1 Haupteingang, 2 Warte- und Ausstellungsraum,
3 Leiterin, 4 Hauptraum, 5-9 Nischen für: 5 ruhige
Beschäftigung, 6 Naturkunde, 7 Hauswirtschaft,

8 Kunst, 9 Basteln, 10 Sandkasten, 11 Küche mit
Spielküchen außen, 12 Lager, 13 Wäsche, 14 Toi-
letten, 15 Personal, 16 Planschbecken, 17
Schwimmbad, 18 Wintergarten, 19 Rasen-Spiel-
plätze

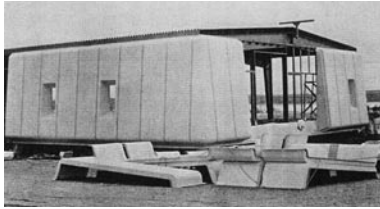
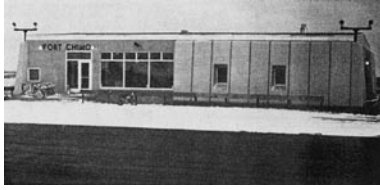


Fort Chimo-Flughafengebäude, Frobisher Bay, Canada
Schulbaukomplex in Povungnituk, Northern Quebec, Canada
Igloolik Research Centre

Arch.: Papineau, Gérin-Lajoie, Le Blanc, Edwards, aus Montreal
Flughafen wurde als Logistik-Basis DEW Line benötigt, mehrere Ausbaustufen
Abb. rechts oben: 1974
Abb. rechts unten: 1999, (ohne Angabe, wann Gebäudekomplex errichtet wurde)
GFK-Sandwichtafeln an Stahlleichtkonstruktion, Farbe: orange
Steifenfundamente liegen auf Permafrost auf, Erdboden um 3 Fuß über Gelände angehoben, um
Winddurchgang zu ermöglichen, keine Wärmeabgabe an Erdrreich

Schulbaukomplex in Povungnituk mit Wohnkomplex (Abb. unten):
Raster der Anlage: 18 x 18 m, Raster der Fassadenelemente: 1,52 m
GFK – PUR-Schaum – GFK
gleiches System für Gemeindeamts- und Sportbauten in Frobisher Bay

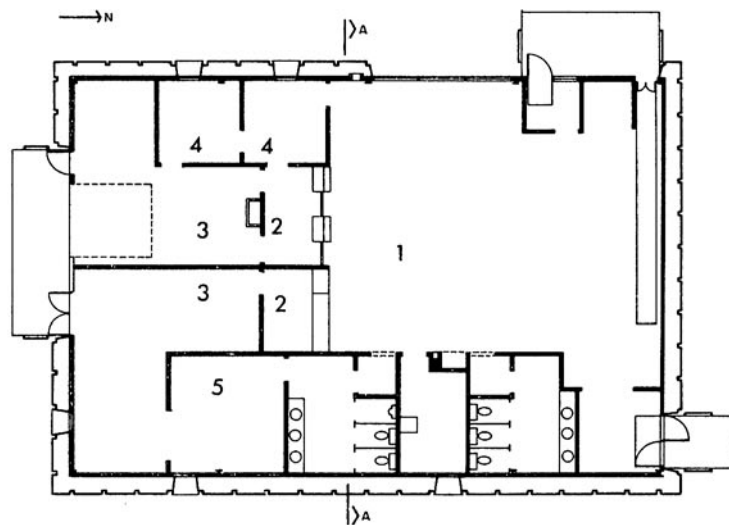
- Elementierte Bauten in Nord-Kanada. In: *Baumeister* Heft 3 (1973), S. 330-332
- Gerin-Lajoie, Guy: GFK für Bauten im hohen Norden. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1974), S. 58-61
- <http://www.pinetreeonline.org/photos/p17-99.html>
- http://www.uwo.ca/english/canadianpoetry/architexts/essays/arctic_research_centre.htm



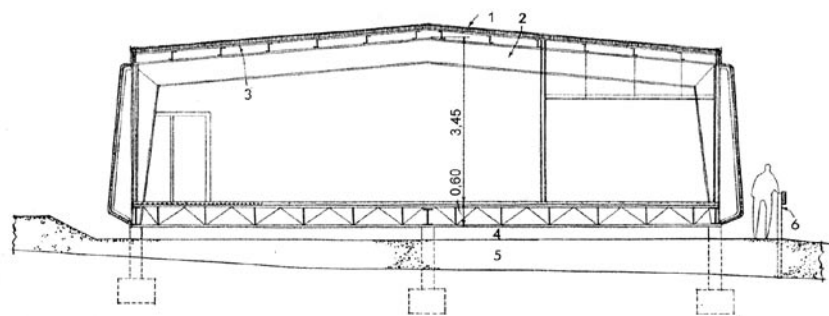
Ausbau des Flughafens (Abb. von 1999)



das Igloolik Research Centre eröffnet von
Dept. of Indian and Northern Affairs, 1975



Grundriß
1 Wartesaal und Gepäck, 2 Tickets, 3 Lager,
4 Büro, 5 Technik.



Schnitt A-A
1 Asphalt- und Kiesdach, 2 Stahlrahmen, 3 feste
Isolierung über dem Stahlblech, 4 offen, 5 Kies-
bett, 6 Fahrzeugableiter.



Entw.: Nachshen, Crofts & Leggatt Consulting Civil and Structural Engineers, London

Herst.: Anmac Ltd. Nottingham

Schulkomplex mit GFK-Dachelementen überdeckt, insg. ca. 2000 m² Fläche

frei über 17 m bei Konstruktionshöhe von max. 2,50 m und Breite von 2,50 m spannend

Sandwich mit PUR-Kern, 11 mm – 25 mm - Mindestmaß

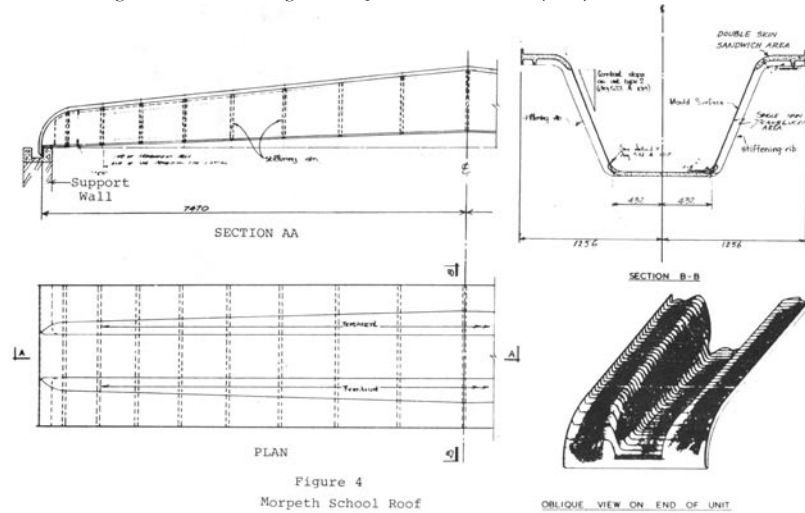
eingearbeitete transluzente Flächen, einschalig

einmalige Ausführung

- Tupamäki, P.A. (Hrsg.): *Wood, ferroement and plastics in shells and spatial structures*. Oulu: Universitätsverlag

1980, S. 495-496, 504-505

- Veranstaltungen: Studienreise England. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1974)



Überdachung

Lozziwurm, Spielplastik, Schweiz

1973 / 12

Entw.: Bildhauer Iwan Pestalozzi

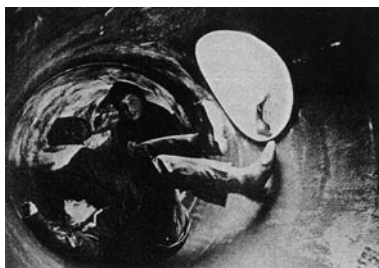
Herst.: Burri AG

begehbare Röhrenplastik

90 cm Durchmesser, gerade und gebogene Stücke, Verbindungsstücke

Schale
Spielgerät

- Forum: Spielplastik „Lozziwurm“. In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 134



Spielplastik, Schweiz

1973 / 13

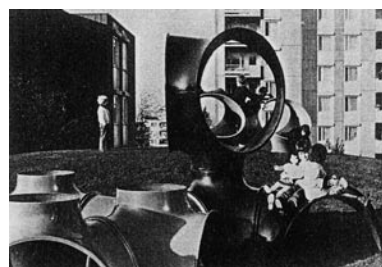
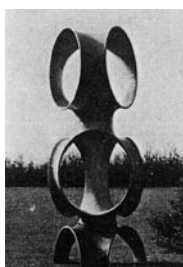
Design: Werner Zemp

Herst.: Firma Burri AG Farben

kombinierbare Schalelemente mit wulstartigen Rändern

Schale
Spielgerät

- Forum: Spielplastik „Lozziwurm“. In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 135



Schale
Spielgerät

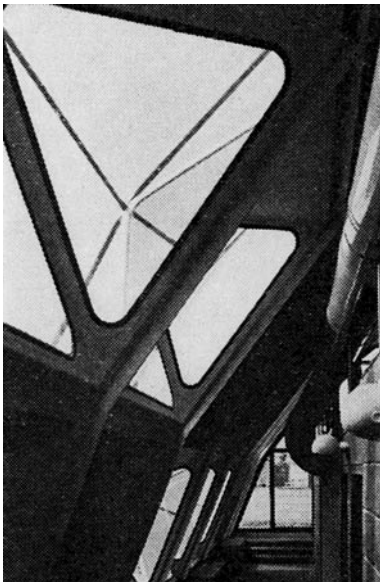
Spielgeräte, Frankreich

Domobiles von Robert Malaval, Folanum von Jean-Michel Folon, Leki von Svein Mortensen und Gugu von Franco Mello
letzteres hergestellt von Gufram Mobili

- AA informations: Équipements d'aires de jeux. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr. 166 Heft März, April (1973), S. XXIX-XXX



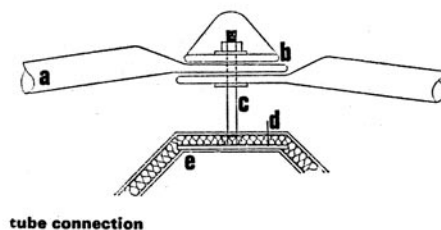
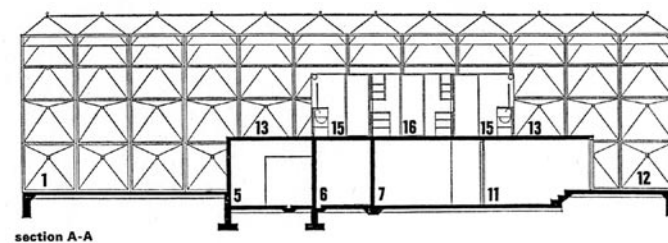
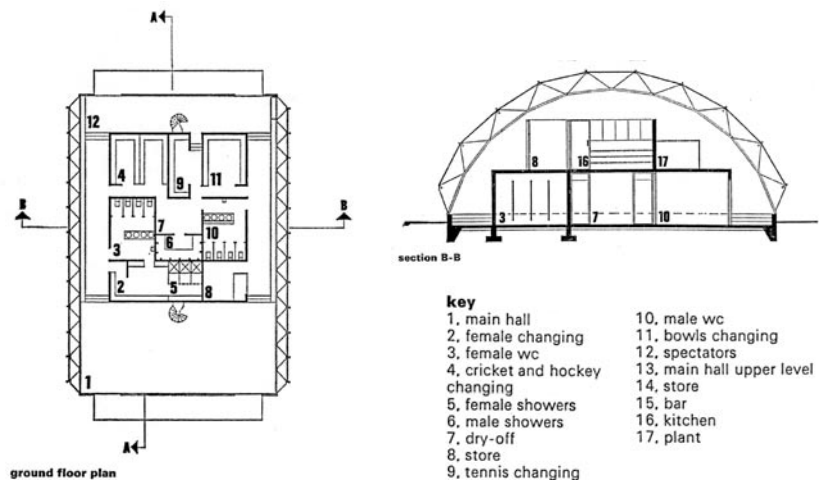
Gebäudehülle



Sports Centre, GB

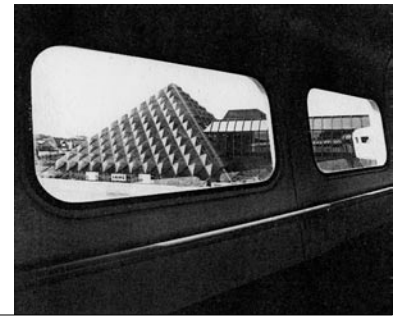
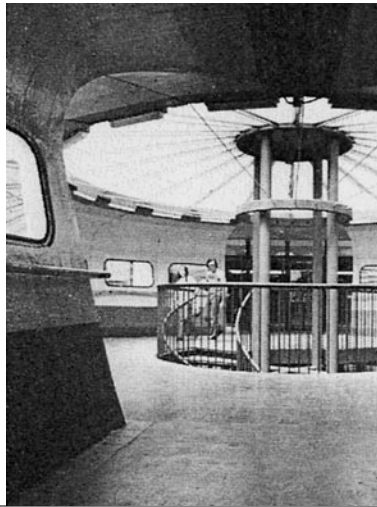
Standort: Wolverton, Buckinghamshire
Arch.: Derek Walker, Pierre Bötschi (Milton Keynes Development Corporation), Keith Proctor
Ing.: Peter Wade (Milton Keynes Development Corporation), Georg Mann (BM Laminates & Ass.)
Herst.: BM Laminates & Ass.
13,5 m x 20,8 m; 280,25 m² Grundfläche
doppelschalige GFK-Pyramiden, Sandwich
mit Druckstäben aus Stahl
GFK-Pyramiden nach außen Eigenfarbe Lime-green, innen weiß
einmalige Ausführung

- Alastair, Best: Pyramides for a change. In: *Architectural Review* Nr. 928 Heft 6 (1974), S. 360-365



Standort: Bletchley, Buckinghamshire
Arch.: Faulkner-Brown, Hendy, Watkinson, Stonor
Ing.: John Laing Construction Ltd.
Herst.: Glasdon Ltd.

geschlossene Brücke von Parkplatz zu Eingang im 1. OG
GFK-Elemente als Umhausung des Steges und des Verteilerraumes um Haupttreppe,
mind. 86 identische Elemente
einmalige Ausführung



- Bletchley Leisure Centre, Buckinghamshire.
In: *Architectural Review* Nr. 932 Heft 10 (1974),
S. 234-236
- Architectural Fiberglass. In: *Architectural Review*
Nr. 943 Heft 9 (1975), S. 7 (Werbung)

Idlu, Kanada

z.B. in Quebec und Nord-Canada

Arch.: Jacques O'Keefe, Montreal
Herst.: Enterprises Idlu Ltée. of Granby, Maurice Viens
kombinierbare Einheiten von 4 m x 6,5 m, 4 m x 8,8 m und 6,5 m x 8,8 m
mehrmalige Ausführung

Platten
Zweithaus / Schutzhaus



- IBK Bibliothek: Sammlung SL 7.70. Ludwigshafen, 2004, *Archivmaterial*

Anchorlite Habitat, Süd Afrika

Entw.: Anchorline Products (Pty) Ltd., Pinetown, Natal
modulare System mit 2,44 m x 2,44 m Grundelement
Sandwichplatten, die über patentierten Clipsystem verbunden werden
mehrmalige Ausführung

Platten
Zweithaus / Schutzhaus

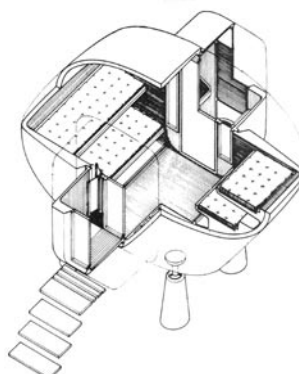


- Süd-Afrika: Modulare GF-UP-Häuser aus
Süd-Afrika. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1974),
S. 19

Ski lodge, Japan

Herst.: Komatsu Plastic Industry
4-Bett-Einheit mit Bad und Aufenthaltsbereich

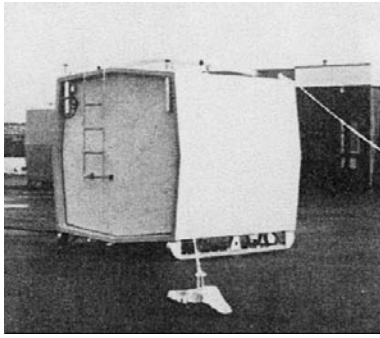
Schale
Raumzelle



- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London:
Pall Mall Press, 1974, S. 124

1974 / 06

Platten
Raumzelle



Fertighäuser für Radiostationen u.a., Norwegen

Herst.: NAMCO A/S, Agotnes/Bergen
48 m² Grundfläche, 4 Betten, komplett eingerichtete Küche, Badezimmer mit Warmwasserversorgung, Toilette, 600 l-Tank für Wasser
GFK-Sandwich mit PVC-Schaumkern der Außenwände, Innenwände mit PUR-Schaumkern
auch Kabinen 2,3 m x 2,07 m x 2,07 m wiegen etwa 500 kg, K-Wert > 0,5
mehrmalige Ausführungen

- Norwegen führend in GFK-Konstruktionen. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1976), S. 97

1974 / 07

Raumzelle



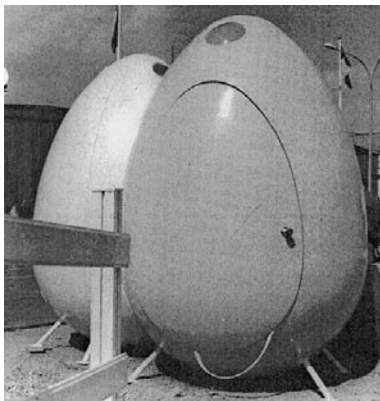
Caravan für Dauergebrauch im arktischen Klima, Dänemark für Grönland

Herst.: MPK-Werke Dänemark
5,5 m Länge, außen Stahlprofil-Rahmenwerk für Hubschrauber-Transport
GFK-Sandwich mit PUR-Schaumkern 25 mm-30 mm
leuchtend rot gefärbt
mehrmalige Ausführungen

- pc spectrum: GF-UP-Caravans für Dauergebrauch in arktischem Klima. In: *plasticconstruction* Heft 5 (1975), S. 216

1974 / 08

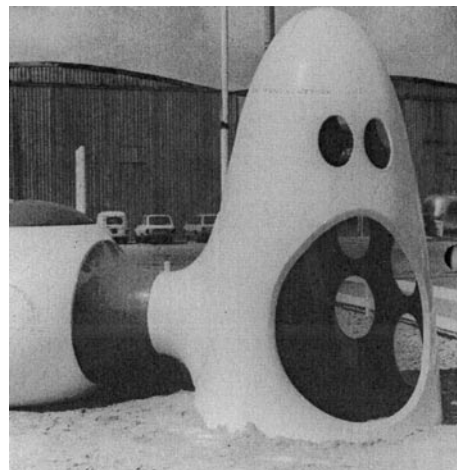
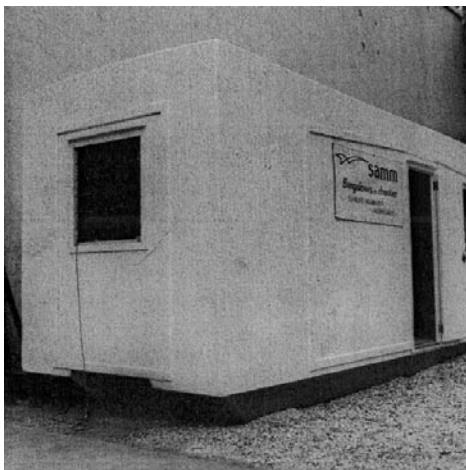
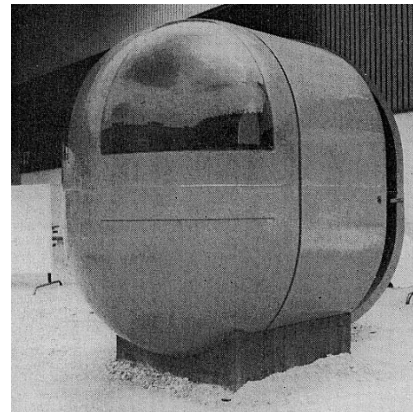
Schale
Raumzelle



Europlastique 1974, Frankreich

verschiedene GFK-Raumzellen vorgestellt:
Strandkabine von Dorestyl bei Joinville le pont (Abb. l.o.)
Bungalow SAMM (Abb. l.m.)
eine weitere Strandkabine (Abb. u.m.)
Spielplatzeinheit (Abb. u.r.)
und Raumzelle Abris en P.A. (Abb. o.r.)

- Modules ou Mobiles de base á
EUROPLASTIQUE 74. In: *V. T. P. R.* Heft
Nr. 7, Juli-August-Sept. 1974, S. 25



Arch.: Joao Honorio, Rio de Janeiro
25 4-gesch. Gebäude in Novo Irajá
2,75 m x 9,75 m große GFK-Fassaden
mehrm. Ausführung

Fassade

Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974, S. 133



Mondial House, GB

London EC 4, Upper Thames Street/Angel Passage

1974 / 10

Arch.: Hubbard Ford & Partners, Jeremy Hogben
Herst.: Peter Hodge & Ass., Brensal Plastics, Anmac Ltd., Triton Plastics
GFK-Fassade über Betonbau
3,2 m hohes, 1,9 m breites und ca. 3 mm dickes Sandwich mit PUR-Kern
über Stahlkonstruktion am Bauwerk befestigt

Platte

Fassade

- Schrage, I.; Pfeifer, H.: Zum Einsatz von Kunststoffen in tragenden und raumabschließenden großflächigen Bauteilen. In: *plasticonstruction* Heft 1 (1975), S. 20-21

Union-Carport, BRD

1974 / 11

Design: Poul Cadovius
Herst.: Union Bauzubehör, Kiel
offene Garage aus kugelschalenförm. Dach aus glasfaserverstärktem Polyesterharz;
5 x 2,5 m oder 4 x 4 m oder 4 x 6 m;
Dachrand als Regenrinne, Dach in einem Stück auf feuerverzinkten Stützen
ebenso verwendbar für: Überdachung von Warteplätzen, Wetterschutzdächer,
Pausenhofüberdachung, Laubengänge, Marktstände
weitere Produkte des Herstellers: Buswärterhäuschen, Wetterschutzhauben, Kommunikationsbänke
mehrmalige Ausführungen

Schale
Überdachung



- Union-Carports. In: *Der Architekt* 23. Jg. Heft 4 (1974), S. A 240

Keraplay, BRD

1974 / 12

Herst.: Keramchemie, Siershahn
Spielgeräte aus GFK,
Rutschburg, Kletterkuppel, Rutschbahn, Kriechtunnel

Schale
Spielgerät

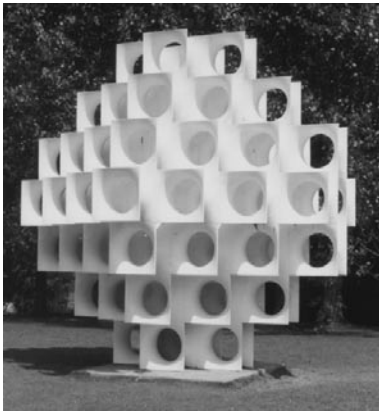


- Spaß auf dem Spielplatz. In: *Architektur und Wohnwelt* Heft 6 (1974), S. 418



1974 / 13

Schale
Spielgerät

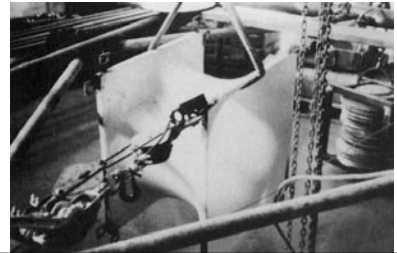
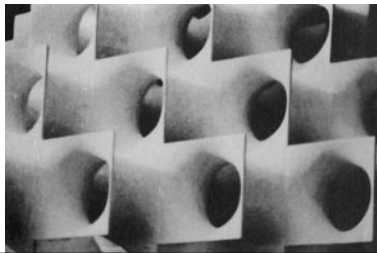
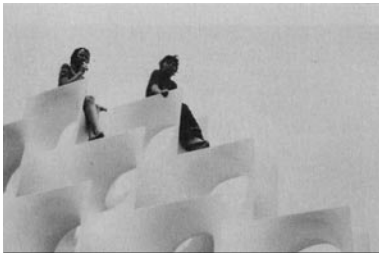


Kletterplastik, Schweiz

Designer: Angelo Duarte, Frankreich
Ing.: Heinz Isler, Burgdorf
aus vorgefertigten hyperbolischen Elementen

5 m x 5 m x 5 m
GFK mit Mikrobillfüllung
Standort: Freibad Tramelan, West-Schweiz, existent

- Isler, Heinz: *Kunststoffe für tragende Bauteile* - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf: 1975, Schriftenreihe, S. 27
- Fiche d'Inventaire. Tramelan, 2003, unv. *Archivmaterial*



1975 / 01

Schalen
Spielgerät



Spielelemente, DDR

GFK-Bauteile für Spielplätze
Plastiglu (Abb. unten links), Farbe: blau und rot
Bauteile (Abb. unten mitte), Entwurf: A. Löffler, Hochschule für industrielle Formgestaltung, Halle, Farbe: weiß und rot
Schnecke (Abb. unten rechts), Entwurf: G. Kaden, Farbe: Gehäuse und Kugeln dunkelblau/hellblau, Körper orange

- Lammert, Ule [Hrsg.]: *Spielanlagen für Kinder und Jugendliche*. Berlin (Ost): Verlag für Bauwesen, 1979



1976 / 01

Raumzelle
Zweithaus / Schutzhaus

Kein Foto vorhanden, sehen laut Bericht
Eisenbahn-Güterwagenkasten auf Kufen
ähnlich

Heli-Camp Mobilbauten, Singapore

Herst.: Sail Craft (Pty) Ltd., Singapore in amerik. Besitz
3,3 m x 3,0 m x 2,4 m, 10 m² Grundfläche
2,5 t Transportgewicht
GFK-Sandwich mit PUR-Hartschaumkern
mehrmalige Ausführungen

- Serienfertigung modularer GF-UP-Sandwich-Mobilbauten in Singapore.
In: *plasticconstruction* Heft 1 (1977), S. 22

Herst.: Bungalows International SRL, Mailand
3,2 m x 3,2 m x 2,85 m
4 Betten, WC, Kleindusche, Schrankspind
30 mm Sandwich
GFK – PUR-Schaum – GFK
mehrmalige Ausführung



- pc information: PLAST '76 in Mailand brachte wenig für den Bau. In: *plasticstruction* Heft 6 (1976), S. 232

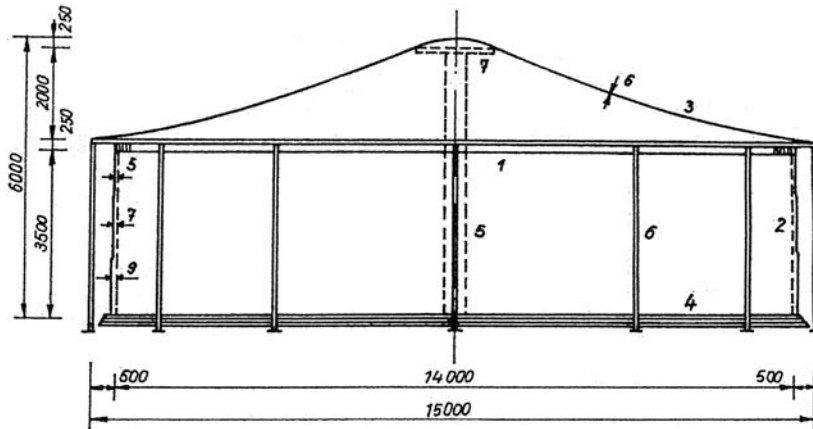
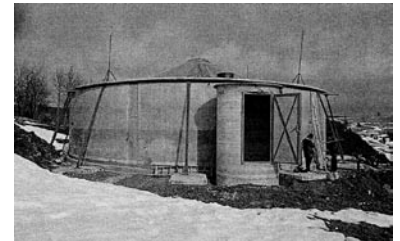
Behälter für Wasser, Säuren, DDR

1976 / 03

500 m³ - 2000 m³ Speichervolumen
bei 540 m³, Durchm. 14 m; Höhe 3,50 m
Bodenplatte 6 mm dick, zylindrische Wand 7-9 mm, hängende Membrandach 6 mm,
Mittelstütze aus Stahl
zwei Experimentalbauten in Südthüringen errichtet

Röhre
Gebäudehülle

- Ackermann, Günther: Der Bau von Tragwerken aus Kunststoffen im Osten Deutschlands (1945-1990). In: *Bautechnik* Heft 7 (2001), S. 510



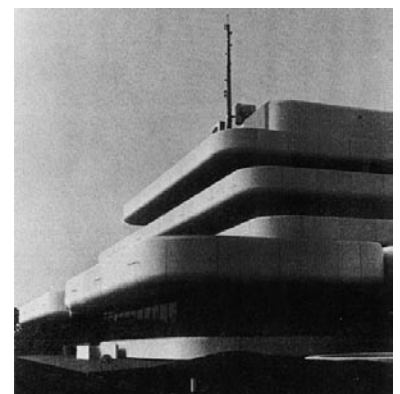
- 1 Behälter
- 2 Außenwand
- 3 Membrandach
- 4 Bodenplatte
- 5 Mittelstütze aus Stahl
- 6 Rahmen aus Stahl
- 7 Auflagerring

Fassade in Valence, Frankreich

1976 / 04

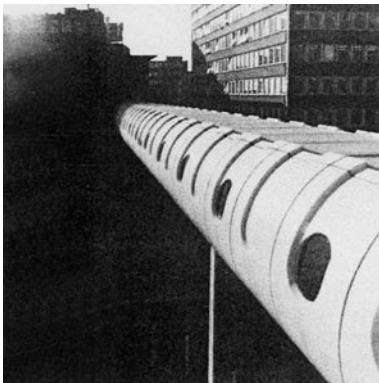
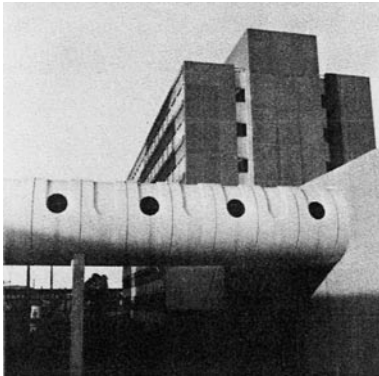
Verwaltungsgebäudes der Landwirtschaftlichen Genossenschaftsbank in Valence
Arch.: Marcel Cointe, D. Guiresco, Paris
Verkleidung für Terrassen, als Verschattung und formgebend
ca. 950 lfm
einmalige Ausführung

Schale
Fassade



- Cointe, Marcel: Die Glasfaser in der Architektur. In: *plasticstruction* Heft 6 (1976), S. 213

Schale
Gebäudehülle



Fußgängerbrücke, BRD

Standort: zwischen Leverkusen und Köln, über die B8, Verbindung zwischen Klinikneubau und vorhandenen Bauten

Entw.: Plan-Team-West, Köln

Herst.: Dyna-Plastik-Werken, Faserspritzverfahren, 30-35 % Fasern

tragende Tragwerk Stahlfachwerk, Querschnitt ca. 3,60 m Breite, 2,80 m Höhe, ges. 52 m Länge

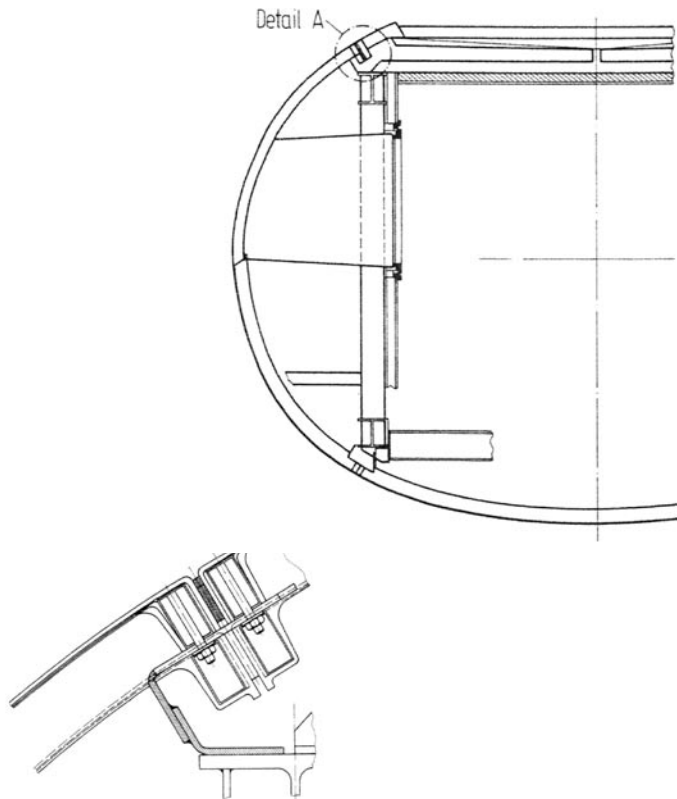
Außen- und Innenverkleidung GFK, Außenverkleidung 5,0 m x 4,0 m, je 8 m² Fläche

104 Einzelteile, 3 Formtypen, Elementbreite 1,98 m

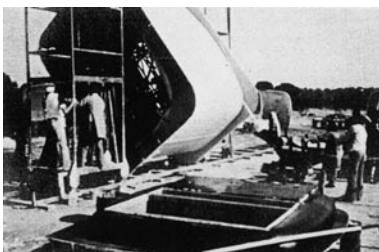
GFK mit Gelcoataußenschichten, 5-8 mm Dicke

einmalige Ausführung

- Dirla, Manfred: GF-UP-Kaltfassaden - Umkleidung. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1976), S. 93-94



Raumzelle
Zweithaus / Schutzhaus



Patfoort-Housing-System, Griechenland, Südamerika, Afrika, Indien

von UNIDO geförderte Projekt, auf der Pilot-Plant 1977 in Nikosia/Cyprern vorgestellt

Low-cost-building als Raumzelle 3,0 x 4,0 m und 3,0 m breite GFK-Sandwich

GFK – PUR-Hartschaum – GFK, 3 mm – 40 mm – 3 mm, 10 kg/m²

im Wickelverfahren (handgedreht) hergestellt

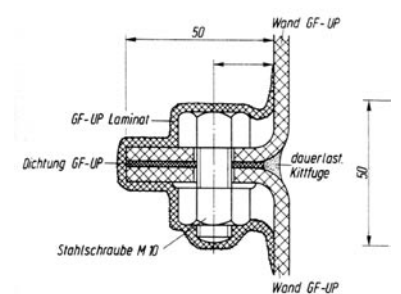
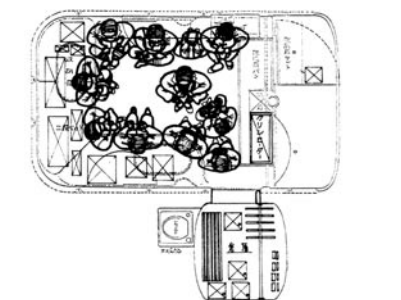
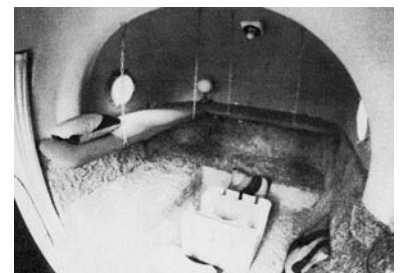
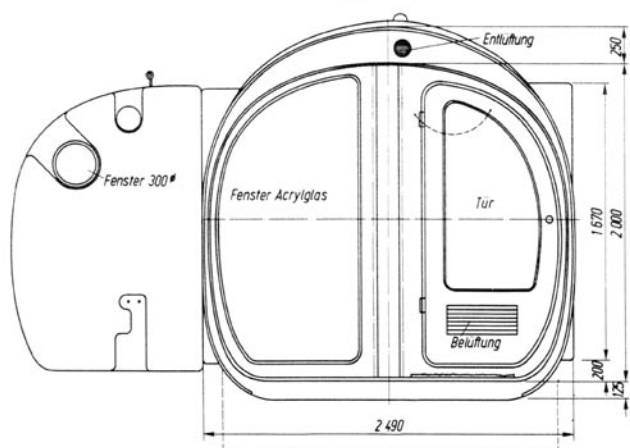
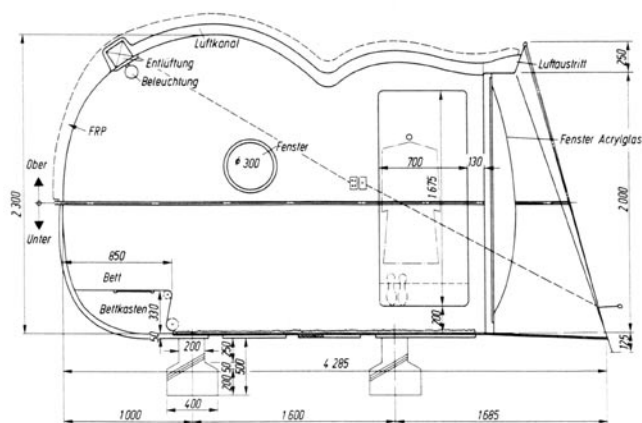
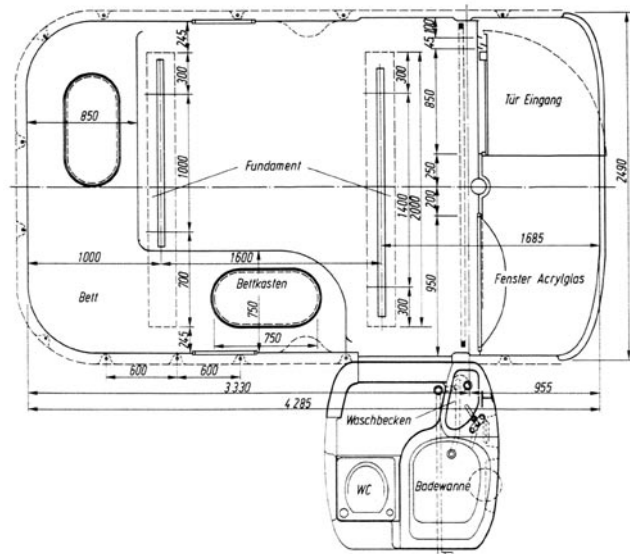
mehrmalige Ausführung

- Schwabe, Amtor: Wie lassen sich die Hemmschuhe für GFK im Bauwesen beseitigen?

In: *plasticconstruction* Heft 3 (1977), S. 102

Arch.: Hideaki Yokoyama, Hidezo Kobayashi
aus 2 Schalen zusammengesetzt,
4,3 m x 2,5 m Außenmaß, 8,5 m² Grundfläche
wird in Erde eingebracht, nur Tür schaut heraus
gesonderte Sanitäreinheit ist seitlich ansetzbar
4 verschd. Typen ausgearbeitet A/B/C/B+C
Oberschale: 5 mm GFK
Unterschale: 5 mm GFK – Sperrholz – Spundwandprofil GFK, 5 mm – 12 mm – 30 mm

- Sewada, Seiji: Die japanische Wohnkapsel „My My“ (Mai Mai) = Schneckenhaus.
In: *plasticstruction* Heft 2 (1977), S. 49-51



1977 / 03

Röhre
Gebäudehülle

Leuchtturm, BRD

Bauherr: Wasser- und Schiffsamt Hamburg
Herst.: Chemische Werke Hüls, Wickelverfahren
Höhe: 46 m, Innendurchmesser 3,0 m,
Wanddicke im unteren Drittel 40 mm
50-60 % Glasfasergehalt, Materialgewicht 22 t



- pc spektrum: Sogar Leuchttürme aus GF-UP. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1977), S. 123

1977 / 04

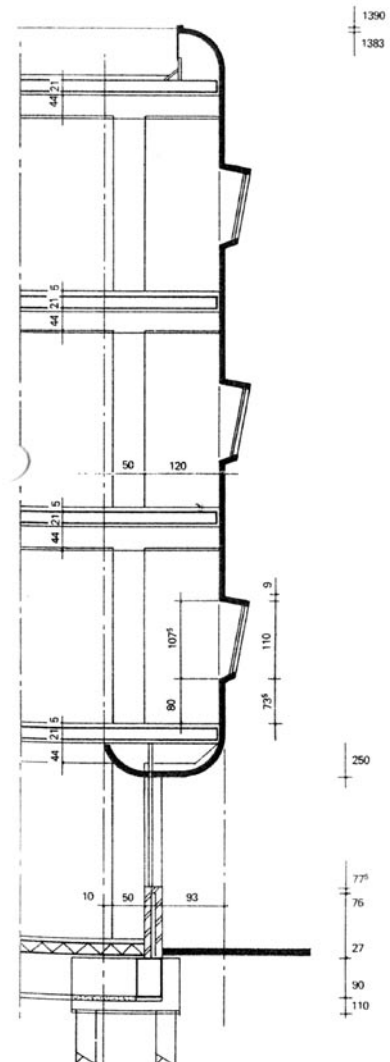
Platte
Fassade

Bürohausfassade, NL

3 stöckiges Bürohaus in Zwijndrecht
Arch.: Ton Lanz
Herst.: Nederlandse Kunststoffen Industrie NKL, Chaam
46 Beigefarbenen Elemente der Vorhangfassade 11,40 m x 1,80 m (Länge x Breite) an stählernen Zapfen an dritten Betondecke verankert, ungehinderte Wärmedehnung nach oben oder unten
GFK – Asbestzementplatte als Brandschirm + PUR-Hartschaum – GFK,
3 mm – 50 mm – 3 mm

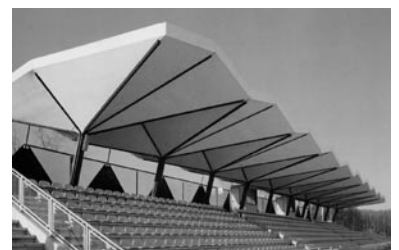
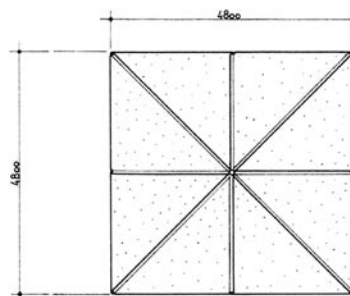
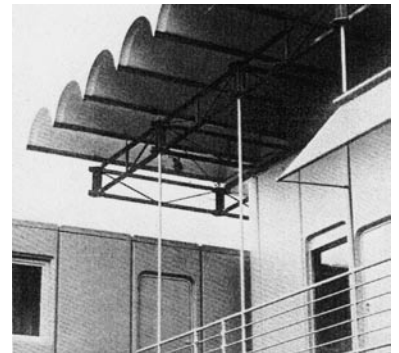


- pc spektrum: Bürohaus mit GFK-Fassade in Holland. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1977), S. 123



Schalen
Überdachung

12 Arztstationen in Saudi Arabien (Abb. drittes von oben)
Fährzollgebäude Friedrichshafen mit Attikaelementen aus GFK (Abb. zweites von unten)
Dachschirmsystem 4800 und 4800/9600



**Raststätte Pratteln, Schweiz**

Arch.: Casoni & Casoni, Basel

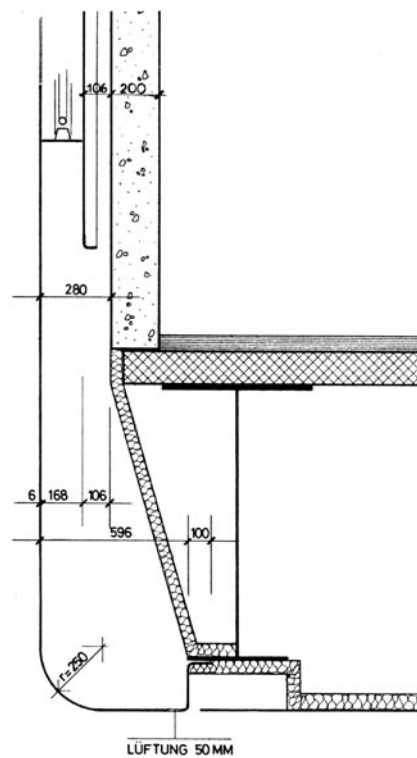
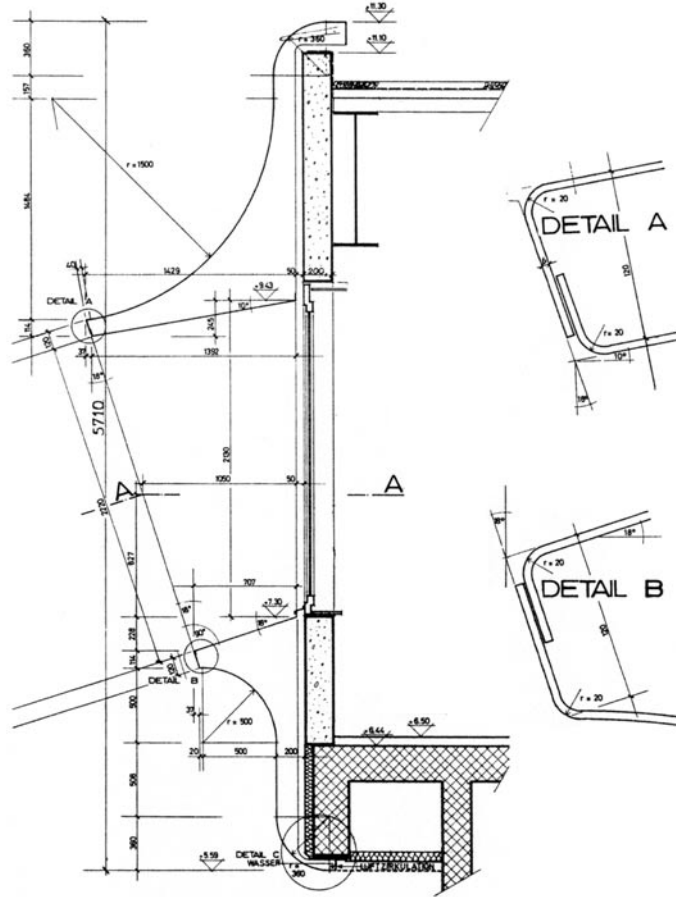
Ing.: Heinz Isler

Fassadenelemente als GFK-Sandwich

Original in rot/braun, seit 2000 gelb

einmalige Ausführung, existent

- Jundt, Roland Th.: Die Kunststoff-Fassade der Autobahnraststätte Pratteln. In: *Kunststoffe im Bau* Heft 3 (1979), S. 110-112



Arch.: Stéphan DuChateau
 Herst.: Dubigéon Plastique, Bois
 23 Kuppeln, Spannweite 6 m, Höhe 10 m
 Gesamtfläche rd. 1500 m²
 einmalige Ausführung

geod. Kuppel
 Überdachung

- Moderne Kuppel in einer alten Stadt. In: *Kunststoffe im Bau* Heft 1 (1979), S. IV



Fliegende Bauten, BRD

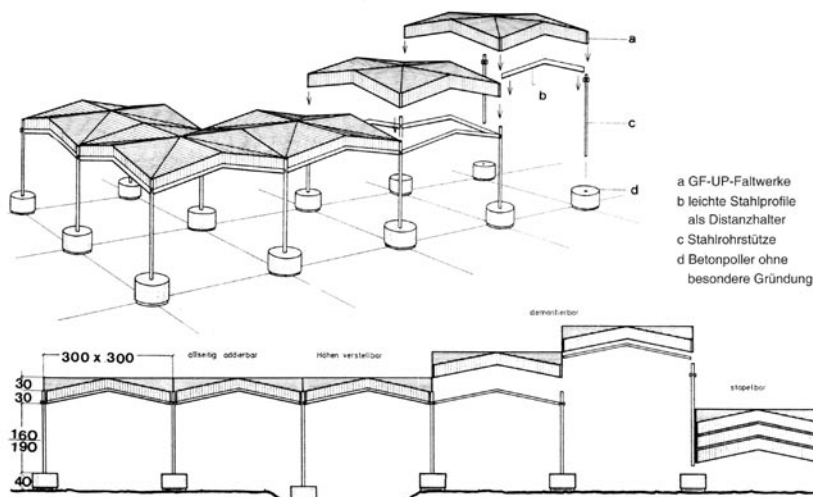
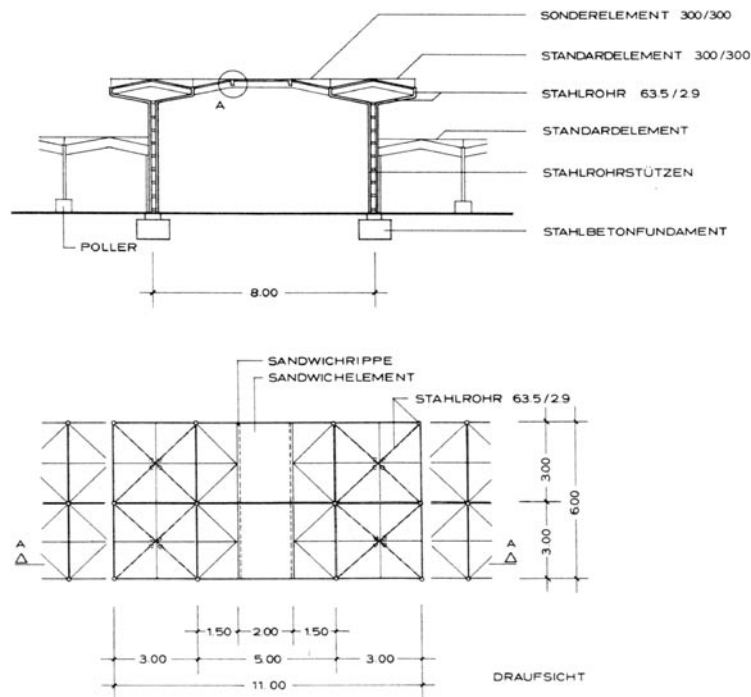
1980 / 01

z.B. Messe Düsseldorf, Messe Frankfurt

Arch. Dipl.-Ing. Fritz Offermann
 Ing.: Dr. C. Langlie, Wuppertal/Berlin
 Herst.: Firma Elsic GmbH
 3 m x 3 m Schirme
 5 mm GFK auf Stahlrohren

Falte
 Überdachung

- Langlie, Carsten: „Fliegende Bauten“ aus GF-UP. In: *Kunststoffe im Bau* Heft 3 (1983), S. 101-104



9. Kunststoffe

Kunststoffe sind makromolekulare Stoffe, die in der Regel aus Erdöl durch Polymerisation, Polykondensation oder Polyaddition hergestellt werden. Sie werden entsprechend ihrer plastischen Formbarkeit in Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere unterschieden. Die Thermoplaste können unter Wärmeeinfluß immer wieder verflüssigt und erneut geformt werden. Duroplaste sind nur einmal, während der sogenannten Urformung, formbar. Sie zeichnen sich durch besondere Härte und Temperaturbeständigkeit aus und können nicht wiederverwendet werden. Zu den Duroplasten zählen die Harze. Die Elastomere besitzen eine hohe Elastizität und sind, einmal in eine Form gegossen und erkaltet, nicht mehr zu verformen. Elastomere haben aufgrund ihrer Langzeitelastizität in vielen Bereichen den spröden Kautschuk bzw. Gummi ersetzt. [Saechtling, 1973]

Bauten aus GFK werden als solche klassifiziert, da ihr Tragwerk aus GFK besteht. Zusatzelemente wie Fenster und Dichtungen sind aber, wie bei jedem anderen Gebäude aus konventionelleren Materialien auch, mit anderen Materialien, vor allem Kunststoffen ausgeführt.

So zum Beispiel das Acrylglas (PMMA oder umgangssprachlich Plexiglas) welches bereits 1928 bei Röhm & Haas in Darmstadt entwickelt wurde [Hufnagel, 1997]. Es ist ein hochtransparenter, harter bis zäher nichtbrechender Thermoplast mit hervorragender Alterungs- und Witterungsbeständigkeit. Weitere Eigenschaften sind große Oberflächenhärte, hohe Festigkeit, gute Einfärbbarkeit, Bruch- und Kugelsicherheit. Aufgrund seiner guten optischen Eigenschaften eignet sich PMMA als Glasersatz und kann gewellt oder zu Raumelementen warm geformt werden und erreicht aufgrund der Wölbungen höhere Steifigkeiten. Die in Dicken von ca. 3 mm verwendeten Kunststoffe wiegen nur etwa $\frac{1}{4}$ von Tafelglas in der erforderlichen Dicke von 5 bis 6 mm. Es kann die Brandschutzklasse B 1 (schwer entflammbar) erreichen, sofern es mit besonderen Brandschutzausrüstungen hergestellt wurde. In den meisten Fällen reicht aber die Klasse B 2. Eine Mindestdicke von mehr als 1 mm ist nötig um als nicht 'brennend abfallend' zu gelten.

Einschaliges PMMA hat eine Wärmedurchgangszahl k von 5,1 bis 4,5 kcal/m²h grd, als Vergleich wird für Glas 4,7 kcal/m²h grd angegeben. Für zweischaliges PMMA gilt: 3,7 bis 2,3 kcal/m²h grd und dreischalig: 1,6 bis 1,3 kcal/m²h grd. Die Mehrzahl der Anwendungen von PMMA als Fenster in GFK-Häusern wählte allerdings lediglich einschaliges Plexiglas von ca. 2 mm Stärke.

Ohne die Entwicklung der Dämmstoffe (1937 Patent für Polyurethan von Bayer, 1954 technische Produktion des Polyurethan-Hartschaum von Bayer, Leverkusen) wäre die Pionierphase des GFK, speziell der Kunststoffhäuser und Raumzellen nicht denkbar gewesen, denn die zahlreichen Leichtbauten hätten ohne diese Wärmedämmschicht nicht genutzt werden können. Für die Tragwirkung der Sandwichelemente spielen die harten Schaumstoffe als Kern, zumeist Polyurethan-Hartschaum (PUR) ebenfalls eine Rolle wobei konstruktiv GFK-Waben idealer sind.

9.1 Die faserverstärkten Kunststoffe / Die glasfaserverstärkten Kunststoffe

[Beyer, 1969], [Saechtling, 1973], [IBK Darmstadt, 2001], [Stattmann, 2000], [R&G-Katalog, 2000/2001], [Hufnagl, 1997], [Lefteri, 2002]

9.1.1 Die Fasern

Aufgrund ihres guten Preis-Leistungsverhältnisses wurden hauptsächlich Glasfasern in Kunststoffkonstruktionen als Verstärkung verwendet. Die Kohlenstofffaser wurde 1959 und die Aramidfaser erst 1971 entwickelt. Die Festigkeitswerte sind in Faserrichtung maximal, quer dazu allerdings sehr schlecht. Sie werden daher als Stränge (Rovings) für eine gerichtete, als Gelege (Zwischenstufe zwischen Rovings und Geweben), als Wirrfasermatten (Vlies) für eine gleichmäßige und als Gewebe für eine zweierichtete Lastverteilung benutzt. Seltener werden sie als Hohlschläuche in das Harz eingelegt. Das entstehende Produkt nennt man, unabhängig von der Form oder dem Aggregatzustand Laminat (von lateinisch lamina = die Schicht).



Matte, Gewebe und Rovings [FOMEKK Archiv]

9.1.2 Die Matrix

Die faserverstärkten Kunststoffe sind Faserverbundwerkstoffe aus einer Matrix, dem Einbettungsmaterial und den Verstärkungsfasern. Die Matrix ist ein Duroplast, z.B. ungesättigtes Polyesterharz (UP) oder auch Epoxidharz (EP). Sie formt das Bauteil, leitet und überträgt die auftretenden Kräfte auf die Fasern und schützt diese. Daher sind in der Literatur auch die Begriffe GF-UP oder kurz GUP für glasfaserverstärktes ungesättigtes Polyesterharz oder eben GF-EP für glasfaserverstärktes Epoxidharz anzutreffen. In Deutschland ist heute die Abkürzung GFK gebräuchlich. Das meist verwendete ist das Polyesterharz, da es preisgünstiger als Epoxidharz ist, bei weitgehend gleichen Eigenschaften. Das Epoxidharz hat den Vorteil, daß es während des Aushärtens lediglich um 1% schrumpft (2% bei UP mit Faseranteil), und daß es keine Kapillaren sich während des Aushärtens bilden daher dichter und langlebiger ist, als das Polyesterharz. Beide Harze härten unter Ausgasung von giftigen Dämpfen aus, Styrol bei dem Polyesterharz, was im Arbeitsschutz beachtet werden muß.

Das Aushärten des Polyesters und des Epoxids ist eine exotherme Reaktion. Eine Qualitätsverbesserung des Laminates ist daher das Tempern, die Erhöhung der Umgebungstemperatur für ca. 10 Stunden auf 50 – 60°C, dies führt zu einer vollständigen Aushärtung des Harzes.

Die Matrix bestimmt in Zusammenhang mit Zuschlagstoffen im wesentlichen folgende Eigenschaften: Chemikalienfestigkeit, Alterungsbeständigkeit, Feuerwiderstand, Schlagfestigkeit, elektrische Eigenschaften sowie den bereits erwähnten Schwund beim Härten. Die spezifische Dichte, Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnung hängen vom Mengenverhältnis der Komponenten Reaktionsharz, Reaktionsmittel, Fasern und Füllstoffe ab. GFK ist besonders für niedrige Temperaturen geeignet, da es im Gegensatz zu einigen Metallen bei extrem niedrigen Temperaturen noch fester wird. Ihr Anwendungsbereich umfaßt eine Spanne von 225 °C und kann durch Zusätze auf 500 °C erhöht werden [Sonnefeld, 1954].

Da die Fasern die Kräfte im Bauwerk aufnehmen, und das Harz der teuerste Bestandteil innerhalb eines GFK-Werkstückes ist, ist das klare Bestreben in der Erhöhung des Fasergehaltes und der Erreichung von

minimalen Schichtstärken. Dadurch werden Materialkosten gespart und das Tragwerk besser ausgenutzt. Daher wird es als Außenschicht für Sandwichplatten oder als Schale und Falte eingesetzt. Die Festlegung der Schichtdicken und auch der Sandwichstärken steht im direkten Zusammenhang mit der Konstruktion. Die Krümmung einer Schale oder die Aufteilung von Faltungen haben Auswirkungen auf die Stabilität der Konstruktion und somit braucht man im Idealfall nur geringste Schichtdicken von 1-2 mm, wie zum Beispiel die Strukturen von Renzo Piano.

Da die Glasfasern innerhalb der Matrix nicht brechen dürfen, sollten Konstruktionen mit scharfen Krümmungen (Innenradien daher mindestens 5 mm), Löchern, örtlich konzentrierten Belastungen und abrupten Laständerungen vermieden werden [Saechtling, 1973, S. 473]. Ansonsten kann es zur Delamination, der Ablösung der Faser von der Matrix parallel zur Laminatschicht bis hin zum Bruch kommen.

	Wanddicke [mm]
Formteile nach dem Hand- oder Faserspritz-Verfahren	
Großes Maschinengehäuse	2,6 bis 3,2
Duschkabine	3,2 bis 3,8
Kotflügel für LKW	3,8 bis 5,2
Bootsschale 3,70 m lang	4,5 bis 5,1
Preßteile aus Matten oder Vorformling	
Schutzhelm	1,3 bis 1,6
Leuchtgehäuse	1,5 bis 1,8
Schweißer-Schutzschild	1,5 bis 2,0
Motorhaube	1,8 bis 2,8
Gehäuse für Fernsehgerät	1,9 bis 2,2
Rücklehnen-Schale für Omnibus	1,9 bis 2,3
Armaturenbrett für PKW	2,3 bis 2,5
Große Maschinenverkleidung	2,3 bis 3,2
Karosserieteile für Sportwagen	2,5 bis 2,8
Stühle und Sitzschalen	2,5 bis 4,0
LKW-Kühlaufbau, Außenschichten	3,2 bis 3,4
Bootsschale, 5 m lang	3,8 bis 4,5
Preßteile aus GFK-Preßmassen	
Gehäuseteil für Heizlüfter	2,0 bis 3,8
Wäschebottich	2,2 bis 2,5
Apparate-Schutzhaube	2,3 bis 3,8
Schultisch-Sockel	2,5 bis 3,2
Motorgehäuse	2,5 bis 3,8
Grundplatte für Trennschalter, je nach Ausführung	2,5 bis 25
Gewickelte Hohlkörper	
Rohre, 5 bis 30 cm Dmr.	2,0 bis 4,5
Flüssigkeits-Tank, 3,00 × 2,50 m Dmr.	6,0 bis 6,5
Druckluft-Behälter	6,0 bis 9,0
Radargehäuse für Flugzeuge	7,5 bis 9,5
Gezogene Profile	
Runde Vollstäbe	1,5 bis 15,0
Vierkant-Vollstäbe	4,0 bis 20,0
Vollprofile L, T, I, U, Z	4,0 bis 6,0
Spezial-Hohlprofile	4,0 bis 6,0

Einige typische Wanddicken von Fertigteilen aus GFK

a) falsche	b) richtige	Detail - Gestaltungen:
		a) falsch: In ganzer Länge voller Fuß b) richtig: Ausgespart u. verspart
		a) falsch: Zu dicke Wand b) richtig: Wand ausgespart u. verrippt
		a) falsch: Ebene Fläche fällt ein b) richtig: Fläche verrippt, betont nach innen oder nach aussen gewölbt
		a) falsch: Scharfe Aussen- und Innenkanten b) richtig: Abrundung der Aussen- und Innenkanten
		a) falsch: Zu dicker Rand b) richtig: Rand nur wenig dicker als übrige Wand

Wanddicken [Kühr, 1964, 708]

Gestaltungsrichtlinien [Saechtling, 1973, 39]

9.1.3 Die Oberflächen

Das äußere Erscheinungsbild aber auch die Lebensdauer hängt hauptsächlich von der sorgfältigen Verarbeitung, insbesondere vom Aushärtungsgrad ab. Der Schutz gegen Eindringen von Feuchtigkeit, Schutz gegen Witterung, Alterung und Korrosion ist dabei oberstes Ziel. Vor allem muß die Erosion, d.h. das Freiwerden von Glasfasern an der Oberfläche, vermieden werden. Die Erosion kann durch Anordnen von Harzschichten an der Oberfläche, durch das Verwenden von Oberflächenmatten oder durch Aufbringen einer Feinschicht (Gelcoat) gemildert werden.

Als Deckschicht der Bauteile zum Außenraum hin wird in den meisten Fällen eine harzreiche Gelcoat-Schicht (Feinschicht) aufgebracht, die das Element gegen Witterung und nachhaltigem Feuchtigkeitseinfluß schützt, indem es kapillares Eindringen von Wasser zwischen Glasfasern und Harz verhindert. Das Gelcoat wird während des Herstellungsprozesses aufgebracht und geht somit eine haltbare chemische Verbindung

mit der nächsten Laminatschicht ein. Es sollte eine möglichst gleichmäßige 0,3 bis 0,6 mm Schichtdicke aufweisen. Zu dicke Schichten neigen zur Rißbildung, bei zu dünnen Schichten besteht die Gefahr der Blasenbildung, der sogenannten Elefantenhaut.

Die Innenoberfläche zahlreicher GFK-Gebäude waren nicht mit einer solchen Gelcoatschicht versehen, weshalb diese Flächen zu einem geringen Teil Wasserdampf aufnehmen können. Beispielsweise wurde die Konstruktion des Futuro [1968/05] auf die Ableitung dieses Kondensationswassers aus der Sandwichschicht ausgerichtet.

Während der ersten Phase des GFK-Baus ist die Tatsache bekannt, daß flammwidrige Harze wesentlich rascher vergilben als Normalharze. Erosion und Vergilbung wirken sich auf die Lichtdurchlässigkeit aus [Beyer; Schaab, 1969, 63]. Eine Gütegemeinschaft für „Glasfaserverstärkte Erzeugnisse“ im Qualitätsverband Kunststoffherzeugnisse sorgt bei deutschen Herstellerfirmen ebener und gewellter GFK-Platten für gleichbleibende gute und geprüfte Qualität. Diese Prüfungen beinhalten die Sicherung der Abmessungen, Belastbarkeit, Glasfasergehalt (≥ 20 Gew.-%), Lichtdurchlässigkeit (≥ 75 %), Lichteinheit, Wärmestandfestigkeit und Kältebeständigkeit. Allerdings sind leichte Farbänderungen aufgrund von starker Sonneneinstrahlung durch vergilben des Harzes unter UV-Beanspruchung nicht auszuschließen. Durch den Zusatz von UV-absorbierenden Lichtstabilisatoren in das Harz kann eine Zerstörung des Laminates verhindert werden. Das GFK läßt warmes, hellgelbes Licht durchdringen, welches in zahlreichen Projekten für eine angenehme Atmosphäre genutzt wurde, z.B. beim Ausstellungspavillon der Expo'64 in Lausanne, CH [1964/07] oder dem Oberlicht der Kirche Maria Regina in Fellbach, BRD [1965/08]. Während der Verarbeitung ist es hervorragend durchfärbbar, daher sind die Farben nicht abgreifbar und bleiben so lange erhalten wie der Stoff selbst [Saechtling, 1959].

9.2. Die Herstellungstechniken

[Beyer, 1969], [Saechtling, 1973], [IBK Darmstadt, 2001], [Stattmann, 2000], [R&G-Katalog, 2000/2001], [Schwarz, 1975]

Die Herstellung von GFK-Bauteilen bedingt zunächst einmal die Herstellung von Schalungen/Formen, die dem Bauteil die in der Mehrzahl dreidimensionale Form und die Oberflächenstruktur geben. Es handelt sich daher immer um eine Vorfabrikation, weshalb die Idee des industriellen Bauens besonders mit GFK propagiert wurde.

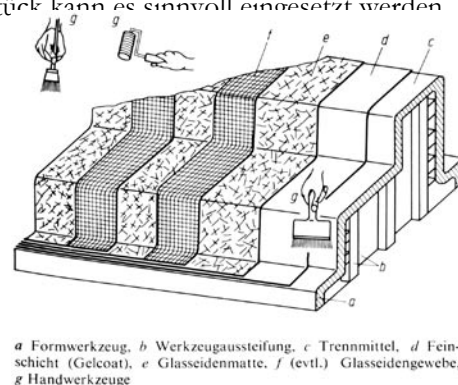
Das Material der Schalung wird von der herzustellenden Stückzahl, der anzuwendenden Fertigungsmethode und der Art des verwendeten Harzes bestimmt. Es kann in der Hauptsache zwischen Gips (ein bis drei Stücke abnehmbar), Holz (max. 50 Stücke abnehmbar), GFK (unbegrenzt) und metallischen Werkstoffen (unbegrenzt) gewählt werden. Alle Formen müssen, ohne Rücksicht auf den Werkstoff aus dem sie hergestellt sind, vollständig porenfrei sein, da sich ansonsten das Bauteil nicht mehr Entschalen läßt. Hierzu werden zusätzlich Trennmittel verwendet.

Die Herstellung kann das handwerkliche Handauflegeverfahren, welches sich aus der Klebtechnik des Furnierbaus und des Sandwichbaus für Flugzeuge heraus entwickelt hat und ein technisches Verfahren, z.B. Preß-, Wickel- und Pultrusionsverfahren sein. Die zu dieser Zeit bereits entwickelten Preßverfahren für andere Kunststoffe, meist Thermoplasten, wurden auf die Anforderungen des GFK hin abgeändert und konnten bereits innerhalb der ersten Jahre des Bestehens des Materials eingesetzt werden [Sonneberg, 1954]. Allein das Wickelverfahren (1945 Patent von G. Lubin und W. Greenberg [Ehrenstein, 1992]) und das Pultrusionsverfahren (1951 Patent [Ehrenstein, 1992]) basieren auf dem Material GFK sind aber auch für alle anderen faserverstärkten Kunststoffe anwendbar. Selbst das Faserspritzverfahren wurde innerhalb der ersten zehn Jahre als technologische Variante des Handauflegeverfahrens eingeführt [Sonneborn, 1954].

Eine intensive Auseinandersetzung mit den einzelnen Fertigungsverfahren ist nicht sinnvoll, da dies zu weit in den Maschinenbau und die Chemie führen würde. Eine grobe Übersicht über die Technologien reicht daher für das Verständnis der Problematik vollkommen aus.

9.2.1 Das Handauflegeverfahren (Laminieren)

Dieses manuelle Formgebungsverfahren ist für die Herstellung von dreidimensionalen Formteilen von nahezu unbegrenzter Größe und Kompliziertheit geeignet. Das Handauflegeverfahren ist lohnintensiv aber investitionsarm. Es eignet sich besonders für die Fertigung von Einzelstücken aber auch für kleine Serien bis zu hundert Stück oder sogar mittleren Serien bis zu tausend Stück kann es sinnvoll eingesetzt werden.

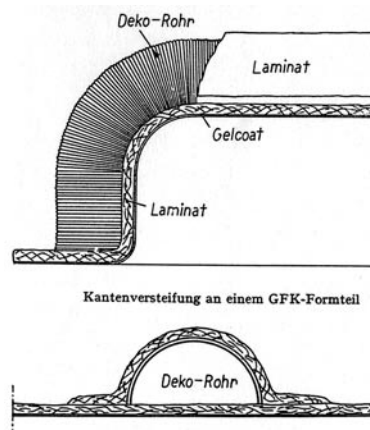
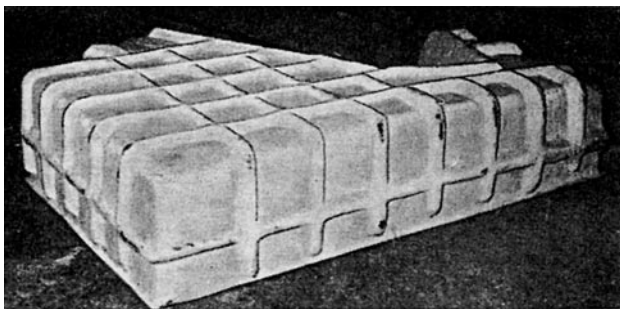


Auf eine porenlose Schalungsform wird zunächst Trennmittel und eine Feinschicht (Gelcoat) aufgebracht. Nach dem Antrocknen wird Harz aufgestrichen und darauf Glasfasermatten oder -gewebe aufgelegt. Diese werden mittels Lammfellwalzen und/oder Entlüftungsrollen luftblasenfrei durchtränkt. Schicht um Schicht werden so die Gewebe oder Matten mit dem Portionsweise aufgegossenem Harz durchtränkt. Ein Fasergehalt von 20 bis 30 % kann hiermit erreicht werden.

Das Handlaminieren erfordert viel handwerkliches Geschick und Erfahrung, da die Leistungsfähigkeit des Bauteiles von dem gleichmäßigen luftblasenfreien Schichtenaufbau und einem hohen Fasergehalt abhängt. Es ist daher falsch zu sagen, dieses sei das einfachste Verfahren zur Fertigung von Formteilen aus GFK. Trotzdem ist es jedem Interessierten zu empfehlen, das Handauflegeverfahren im Modellbau zu praktizieren, da es am besten geeignet ist, den Werkstoff GFK kennenzulernen.

Bei größeren, vor allem flächigen oder dünnwandigen Bauteilen aus verstärkten Kunststoffen besteht häufig die Notwendigkeit, zusätzliche Versteifungen oder Randwülste vorzusehen, besonders für einen formstabilen Schalungsbau sind diese meist unverzichtbar. In solchen Fällen kann durch einseitiges Aufbringen von über verlorenen Kernen aufgebauten Versteifungswülsten die konstruktive Frage gelöst und unter Aufrechthaltung der leichten und billigen Bauweise zugleich Material eingespart werden. Dafür dienen Schaumstoff-Einlagen und flexible Rillenrohre, die sich leicht und exakt anpassen lassen. Auch Holzprofile, Winkelisen oder Metallrohre finden Verwendung, sie passen sich jedoch komplizierten Formen nur schwierig an und wirken sich zum Teil ihres hohen Gewichtes und ihrer unterschiedlichen Wärmeausdehnung wegen nachteilig aus. [Rundschau, 1962, 776]

Versteifungsrippen [Rundschau, 1962, 776]



Aufgrund der Styrolausdunstung während des Härtens des Harzes ist eine ausreichende Durchlüftung zu gewährleisten. Innerhalb der Pionierphase war dies und die Brennbarkeit der Rohstoffe bekannt, weshalb dafür Arbeitsrichtlinien festgesetzt wurden. Die Gefahr des Körperkontaktes mit dem Harz wurde allerdings bis zum Schluß unterschätzt und selbst heute, wo Designer und Künstler nach wie vor sehr gern mit GFK arbeiten, ist ihnen diese Gefahr nur selten bewußt.

Gewöhnlich müssen GFK-Werkstücke vor ihrem Einbau bearbeitet werden. Die Glasfasern bedingen einen erheblichen Werkzeugverschleiß, weshalb daher hauptsächlich Hartmetall- sowie diamantbesetzte Werkzeuge verwendet werden. Möglich sind hierbei alle Bearbeitungsmethoden die von der Metallverarbeitung bekannt sind: Sägen und Trennen, Stanzen, Bohren, Drehen, Fräsen und Schleifen. Güteverbesserungen durch Lackieren und auch Reparaturen von Fehlstellen sind ebenfalls möglich. Letzteres kann aber zu Beeinträchtigungen in der Oberflächenfärbung führen, beispielsweise Fassadenplatten des Hochhauses Elgin Estate, London, GB [Schwabe 1975, 20].

Die Mehrzahl der GFK-Bauelemente werden im Handauflegeverfahren gefertigt. Dies liegt zum einen an den geringen Stückzahlen der Elemente aber auch an der weiten Verbreitung von Firmen, die mit diesem Verfahren Boote, Maschinenabdeckungen, Möbel oder ähnliches herstellten. Eine hohe Qualität der GFK-Elemente ist von gleichmäßigen Umweltbedingungen (Raumtemperatur, Luftfeuchte) und Sauberkeit abhängig, eine Herstellung auf der Baustelle sollte daher vermieden werden, oder man muß günstige Bedingungen wie zum Beispiel trockene Wetterlagen im Sommer ausnutzen. Heinz Isler ließ beispielsweise das Tankstellendach in Thun als Sandwich vor Ort in einem großen Bierzelt herzustellen. Er benötigte hierzu lediglich Fachpersonal, die Rohstoffe und das Handwerksgerät in den entsprechenden Größen.

Das Handauflegeverfahren für kleinere Serien geschieht in der Mehrzahl in GFK-Formen. Daher benötigte man für die Herstellung dieser GFK-Produktions-Schalung, welche in der Regel ein Negativabdruck des fertigen Bauteiles ist, nochmals eine Schalungsform, eine Positivschalung. Diese kann kostengünstig aus Holz, Gips oder Hartschaum hergestellt werden, oder experimentell für Tragwerksversuche z.B. als pneumatisch gebildete Form, Hängemodell, Fließform oder als Sandschalung. Der Vorteil liegt in der schnellen und kostengünstigen Herstellung und sofern es sich um Hängeformen und Pneus handelt erkennt man daran den optimalen Kräfteverlauf. Gerade die Ingenieure unter den GFK-Pionieren entwickelten das endgültige Aussehen der Tragwerke durch Versuche, z.B. Heinz Isler und Heinz Hossdorf. Sie entwickelten auch Konstruktionen mit Stahlbeton mit Hilfe solcher Experimente.

Schwieriger und aufwendiger ist es, wenn man doppelt gekrümmte Flächen herstellen möchte. John Zernig entwickelte daher schon Ende der 1950er Jahre am Illinois Institute of Technology unter Richard Baringer eine ökonomische Möglichkeit stark gekrümmte hyperbolische Paraboloiden herzustellen, die sogenannte Cocoon-Spray-Technik.



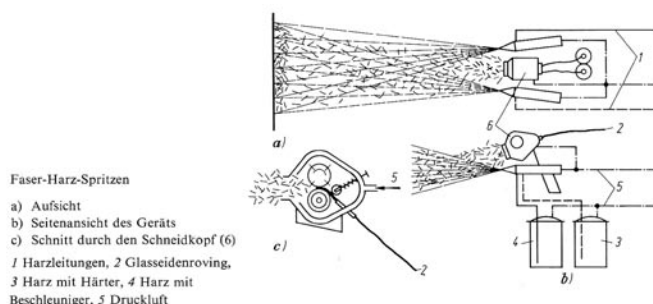
Cocoon-Spray-Technik [Quarmby, 1974, 96]

Eine Hyperfläche wird durch ein Netz von Stricken gebildet, welche eine Maschenweite bis zu 70 cm haben kann. Das PVC-Spray wird nun von beiden Seiten und mehrlagig auf dieses Netz gesprüht. Während der Aushärtung schrumpft das Material und bildet eine doppelt gekrümmte lederartige Oberfläche. Jetzt kann darauf die Schalungsform für die Produktion der Bauteile im Handauflegeverfahren hergestellt werden. [Quarmby, 1974] Leider ist dieses Verfahren lediglich in den USA und Großbritannien bekannt geworden.

Maschinelle Herstellungsverfahren für die Produktion von GFK-Bauteilen der Anfangszeit sind die Niederdruckverarbeitungsverfahren. Hierzu gehören z.B. das Vakuumverfahren, das Rotationsverfahren und das Faserspritzen, welches Ende der 1950er Jahre auf den Markt gekommen ist. Letzteres zählt mehr zu den handwerklichen als zu den industriellen Verfahren ermöglicht allerdings eine deutliche Verschnellerung des Produktionsablaufes [Saechtling, 1959].

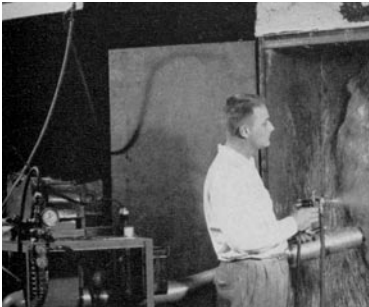
9.2.2 Faserspritzverfahren

Dies ist ein teilmechanisiertes Handlaminierverfahren, das sich für kleine bis mittlere Serien eignet. Die Spritzgeräte haben die Aufgabe, die Werkstoffkomponenten zu mischen und auf die Schalung zu transportieren. Sie sind mit einem Schneidwerk für Rovings kombiniert. Die Werkstoffkomponenten sind 1. Harz + Härter; 2. Harz + Beschleuniger; 3. Glasfasern. Zum Niederdruckspritzen verwendet man zwei, einzeln mit Härter und mit Beschleuniger versetzte Teilansätze des Harzes, beim Hochdruckspritzen wird Härter durch eine zwangsgekoppelte Dosierpumpe dem vorbeschleunigten Harz im Spritzkopf zugeführt. Die aufgespritzten Schichten müssen von Hand verdichtet werden.



[Saechtling, 1973, 29]

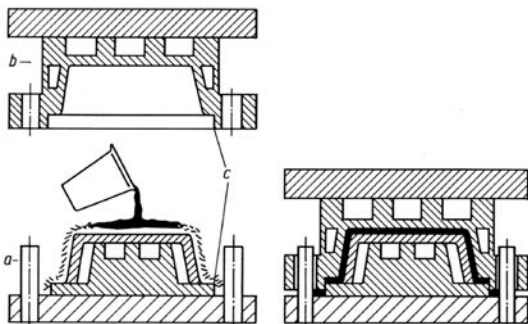
Folgende besondere Vorteile bietet das Verfahren gegenüber dem Handlaminieren: Das Zuschneiden, Einlegen und Einpassen von Glasfasermatten bzw. -geweben entfällt. Es sind größere Harzansätze möglich. Großflächige Aus- bzw. Bekleidung von Behältern, Bauwerken, Schwimmbecken, Tunnels u.a. sind einfacher durchzuführen. Insbesondere lassen sich senkrechte Wände besser bekleiden und das Überkopfspritzen besser durchführen als beim Handlaminieren. Nachteilig kann sich die größere Toleranzbreite hinsichtlich der Schichtdicke und des Glasgehaltes auswirken.



[Sonneborn, 1954, 53]

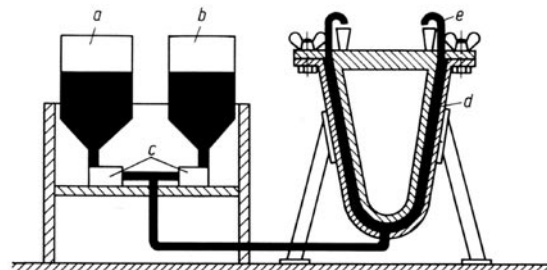
9.2.3 Vakuumverfahren / Injektionsverfahren / Niederdruck-Preßverfahren

Das Arbeiten mit den mindestens zweiteiligen, das Werkstück umschließenden Formwerkzeugen führt zu allseitig glatten Formteilen. Als erstes wird das Verstärkungsmaterial in die Formwerkzeuge gelegt, anschließend das Harz durch Unterdruck in die Form eingesaugt (Vakuumverfahren) oder mittels Druck injiziert (Injektionsverfahren), bis sein Austreten aus der Form völliges Durchtränken erkennen läßt.



Naßpreßverfahren

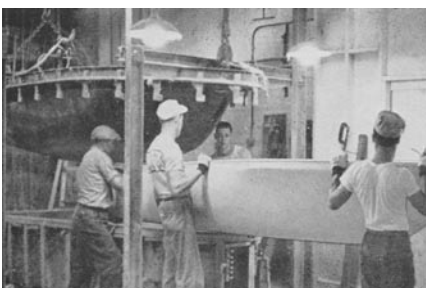
a Patrize, b Matrize, beide mit Heizkanälen für Warmpressen, c Schneidkanten



Injektionsverfahren

a Harz mit Härter, b Harz mit Beschleuniger, c Dosierpumpen, d Laminat im Formwerkzeug, e Harz-Austritt

Mit diesen Verfahren kann ein Fasergehalt von bis zu 40 % erreicht werden. Es ist für Formteile bis zu einer Größe von Kühlcontainern geeignet. Mit einer pneumatisch angepreßten weichelastischen Membran als Gegenform wird es Vakuumpressen genannt und ist eines der ältesten GFK-Formteilverfahren. Zum Beispiel kleinere Boote, Lichtkuppeln und pyramidenförmige Verkleidungen werden so seit den 1950er Jahren hergestellt.



industrieller Bootsbau, Preßverfahren [Sonneborn, 1954, 71]

Es ist aufgrund seines mittleren Investitionsaufwandes für mittlere Serien (100 bis 1000 Stück) gut geeignet. Beispiele: Die Geodätischen Kuppeln, Radome in den USA [The BIGGEST, 1955] und Renzo Pianos Räumliche Strukturen, entwickelt in Genova und die mobile Struktur für ein Schwefelwerk in Pomezia-Roma [Compagno, 1991]. Mit diesem Verfahren war es Renzo Piano möglich, sehr dünne und leistungsfähige Konstruktionselemente mit einem Flächengewicht von $g = 0,04 \text{ kN/m}^2$ herzustellen.

Gerade für die Herstellung leistungsfähiger Elemente, z.B. für Radome hat sich diese Technik bewährt, da diese in gleichbleibend hoher Qualität mit einem hohem Fasergehalt produziert werden können. Diese Verfahren ermöglicht aber auch die Herstellung eines Sandwichs, indem sich die GFK-Lagen vollständig mit dem Sandwichkern verbinden. Dies ist während des Handauflegeverfahrens nicht gesichert, da, gerade in gekrümmten Formen, der Hartschaumkern meist nur ungenau in die Form eingepaßt werden kann und demzufolge die GFK-Schichten sich nicht vollständig mit diesem verbinden. Ein Versagen dieser Verbindung führt zur Schwächung des Sandwichs bis hin zum Beulen. Im Handauflegeverfahren sprühte man, zum Beispiel während der Herstellung des Monsanto Houses den Polyurethanschaum in die innere bereits laminierte GFK-Schale ein, und glättete ihn manuell.

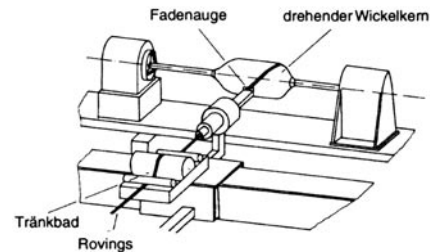
Tabelle 1.5/1. Niederdruckverfahren für verstärkte Formteile

Verfahren	Verlegen von Hand	Faser-spritzen	Injektion	Naßpressen		Wickeln	Schleudern
				kalt	warm		
<i>Werkstoffe:</i> Reaktionsharze (A = Acrylat-, B = Butadien-Harze)	UP, EP A, B, SI	UP	UP, EP	UP, EP	UP, EP	UP, EP	UP, EP
Glasfaser-	20...30	—	30...40	25...40	30...50	A, B	25...35
Verstärkungen	35...50	—	40...65	50...65	50...65	Bänder:	30...40
Gewichts- Prozent	örtl. > 50	20...30	—	30...50	30...50	50...70	25...35
						50...80	—
Feinschicht möglich	ja	ja	ja	bedingt	bedingt	ja	ja
<i>Werkzeuge:</i> H = Holz, G = Gips, K = Kunststoff, M = Metall, St = Stahl	H, G, K, M	H, K, M	M, K	K, M	St	St, K-Liner	M, (K)
o = offen, ein- oder mehrteilig g = geschlossen, zweiteilig	o	o	(o), g	g	g	Kern	versch.
<i>Verarbeitung:</i> Temperatur	Raum	Raum	< 60 °C	< 60 °C	> 150 °C	Nachhärten bei höherer Temperatur	Schleudern
Arbeitsdruck kp/cm^2	von Hand	von Hand	≤ 1	< 10	< 50	Spannung	min. — h
Entformungszeiten	30 Minuten	bis Tage	1...10 h	5...30 min.	2...10 min.	—	min. — h
Nachbearbeitung	ja	ja	nein	ja	wenig	ja	wenig
<i>Formteil:</i> Mindestradien, mm	5	5	5...10	3	3	10	—
Seitenneigung, ca. Grad	2	2	2	1	1	—	—
Hinterschnitten möglich	bei geteilten	Formwerkzeugen	nein	nein	nein	ja	nein
Unterschiedliche Wanddicken möglich	ja	ja	begrenzt	begrenzt	nein	ja	begrenzt
Wanddicken mm	2...10	2...10	0,5...10	1,5...10	1...10	1...10	3...10
Dickentoleranzen %	20...50	bis 80	20	20	10	< 20	< 20
Wandungen glatt	einseitig	einseitig	allseitig	beidseitig	beidseitig	einseitig	versch.
Investitionen	gering	mäßig	mittel	mittel	hoch	hoch	hoch
Arbeitsaufwand	hoch	hoch	mittel	mittel	mittel	gering	gering
Anwendungsbereiche	Einzelstücke Kleinserien Großteile	Kleinserien Großteile Aus- u. Umkleidungen	Kleinserien	500...5000 Stück	> 10000 Stück	Rohre Behälter	Rohre Behälter

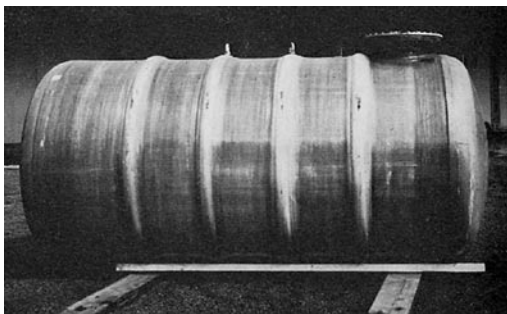
[Saechtling, 1974, 30]

9.2.4 Wickelverfahren

Diese Technik dient zur industriellen Herstellung von Behältern, Rohren, Zylindern aller Größen. Teilt man diese, so können auch Oberlichter hergestellt werden. Die Faserstränge werden in einem Durchlaufbad mit Harz getränkt und anschließend unter Spannung nach einem festgelegten Muster auf einen rotierenden Kern gewickelt.



Es gibt verschiedene Wickeltechniken, z.B. das Parallel und das Schrauben-Wickelverfahren, sowie das sphärische Wickeln für Hochdruckbehälter der Luft- und Raumfahrt. Man erhält Rohre oder Hohlkörper von hoher Genauigkeit und hoher Festigkeit. Als Verstärkungsmaterial werden hauptsächlich Glasseidenrovings oder Glasseidengewebeebänder verwendet. Als Kerne werden polierte oder verchromte Stahl- oder Leichtmetall-Kerne verwendet, die nach dem Härten abgezogen werden. Sie sind unter Umständen schwach konisch oder auch geteilt. Bei geschlossenen Hohlkörpern wird mit verlorenen Kernen gearbeitet, die aus niedrig schmelzenden Legierungen, aus löslichen Stoffen oder mechanisch zerstörbaren Massen bestehen. „Das Wickelverfahren, seit 1945 angewandt, ist weltweit verbreitet, da es eine günstige und effektive Technik für die Herstellung von Silos und Behältern darstellt. Lager- und Transportbehälter aus GFK haben sich seit ihrer Patentierung, gleichzeitig mit der Herstellungstechnik, sofort durchgesetzt. Dank des geringen Gewichtes sind GFK-Behälter für den Transport kostengünstig und aufgrund ihrer Chemikalienresistenz für die Lagerung verschiedenster Stoffe, von Wasser über Getreide bis zu Salzen und verschiedenen Flüssigkeiten, ausgezeichnet geeignet.“



Heinzöltank mit Verstärkungsrippen
der Firma Chemische Werke Hüls AG
[Saechtling, 1973, 382]

Aufgrund ihrer weiten Verbreitung gründeten sich zahlreiche Firmen, die diese Behälter in allen Größen und Formen herstellten. Eines der größten Beispiele der 60er Jahre wurde für die Raumfahrt mit einem Durchmesser von 10 m auf einem rotierenden Kern gewickelt. Resultierend aus dem großen Absatzmarkt und der effektiven industriellen Produktion können relativ geringe Herstellungskosten erzielt werden. Deshalb ist das Wickelverfahren auch heute noch ein sehr wirtschaftliches und kostengünstiges Herstellungsverfahren für GFK-Konstruktionen.“ [Genzel; Voigt, 2005]

9.2.5 Kontinuierliches Laminierverfahren

Es dient zur industriellen Herstellung von ebenen und gewellten Platten. Das Verstärkungsmaterial wird von Rollen abgewickelt, in einer Wanne mit Kunstharz getränkt, und über Rollen geführt, die den Harzüberschuß gleichzeitig mit der eingeschlossenen Luft abquetschen. Dann läuft die mit Harz getränkte Verstärkung zwischen das vordere Walzenpaar eines Härteofens, wobei auf der Ober- und der Unterseite je ein Band aus z.B. Viskosefolie mit einläuft. Nach dem Härten erfolgt der Zuschnitt der GFK-Bänder auf Breite

bis zu 3,0 m und sie werden auf Rollen aufgewickelt, sofern die geringe Stärke es zuläßt. Dickere Platten (verfahrensabhängig, maximal 5 mm) werden durch eine automatische Schneideeinrichtung auf Länge geschnitten. Quer zur Längsrichtung des Bandes gewellte Platten können ebenfalls im kontinuierlichen Verfahren hergestellt werden, wenn man das Band im halbgelerten Zustand zwischen profilierte Walzenpaare laufen läßt, wo dann die endgültige Härtung erfolgt. [Beyer, 1956]

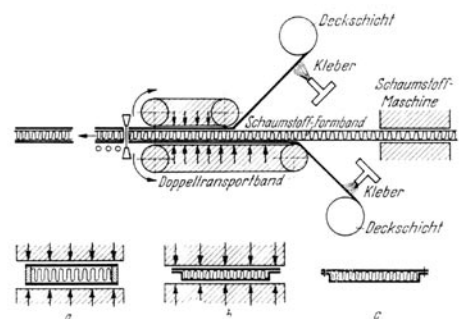


Betrieb für langgewellte GFK-Wellplatten [Schwabe, 1959, 43]

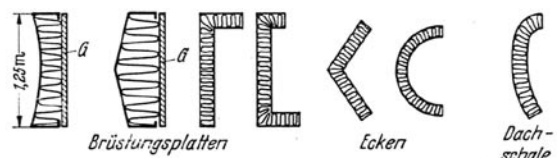
9.2.6 Beschichtungsverfahren / Ausschäumtechnik

Die industrielle Herstellung von Sandwichkonstruktionen als Leichtkern-Verbundkonstruktionen werden im sogenannten Beschichtungsverfahren und der Ausschäumtechnik durchgeführt, welche 1963 in der Fachliteratur [Hoppe, 1963] beschrieben wurden. Die Produktion von Wabenkernen ist allerdings schon seit 1945 (Honeycombs von L.S. Meyer [Ehrenstein, 1992]) bekannt, da diese Form der Sandwichs bereits für den Flugzeugbau benötigt wurde.

Es gibt auch Entwicklungen zur industriellen Herstellung von transluzenten Sandwichplatten. Diese haben Wabenkerne aus Polyesterharz mit bis zu 60 mm Stärke, wobei Wabenkerne aus Papierwaben bis zu 45 mm Stärke haben können [Saechtling, 1959, 161].



Schematische Darstellung einer vollkontinuierlichen Anlage für Beschichtungen zur Herstellung von Sandwich-Halbfabrikaten
a Ankleben seitlicher Randleisten, b, c Verwendung profilierter Deckschichten



Ausschäumbare Querschnitte für Sandwich-Füllbauteile
G = Gipsplatte (innere Deckschicht)

9.3 Verbindungstechniken

Das Bauen mit GFK-Elementen basiert aufgrund der Herstellung in Schalungsformen auf dem Gedanken der modularen Systeme. Ein Bauwerk sollte daher aus vielen identischen Schalen beziehungsweise Flächen zusammengesetzt werden. Diese müssen nun kraftschlüssig und dicht verbunden werden. Hierfür wurde in der Mehrzahl das Schrauben als Verbindungsart gewählt, da es einfach und zuverlässig auf der Baustelle durchführbar war. Die Verbindung durch Schraubbolzen und Mutter, mit der Verwendung von Unterlegscheiben zur Lastverteilung kann mit unterschiedlich angeordneten Verbindungskanten durchgeführt werden, zum Beispiel Kanten nach Außen oder Innen oder sich gegenseitig überlappende Kanten, wie zum Beispiel beim kleinsten Monohex [1965/07].



In einigen Projekten wurde die Schraubverbindung mit der Klebeverbindung kombiniert, zum Beispiel beim Monsanto House [1957/01].

Das Kleben ist den mechanischen Verbindungen überlegen, da dabei keine örtlichen Überlastungen durch Ungenauigkeiten auftreten können, die zum Ausreißen der Schraub-Verbindungen führen können. Als Klebstoffe eignen sich insbesondere warmhärtende Epoxydharze sowie Polyesterharze, Polyurethanharze, Acrylatharze und Phenolharze. Die Klebschichtdicke sollte etwa 0,1- 0,2 mm betragen. Renzo Piano nutzte die Verklebung, um große Flächen aus mehreren transportablen Teilflächen zusammenzusetzen [1967/14]. Hierbei ließ er die an den zusammenzusetzenden Rändern Glasfasern aus den laminierten Bauteilen austreten, die dann überlappend mit den betreffenden anderen Glasfaserrand laminiert, also verklebt wurden. Mit Versuchen konnte er diese Verbindung als kraftschlüssig nachweisen [Compagno, 1991, 17].

Heinz Hossdorf verklebte die GFK-Flächen der Schirmkonstruktion des Pavillons 'Les echanges' der Expo '64, Lausanne [1964/07] mit den Stahlrändern, die zum aufspannen benötigt wurden. Auch er mußte für die Zulassung zahlreiche Zugversuche zur Ermittlung der Delaminierungserscheinungen und der maximalen Belastungen nachweisen [Hossdorf, 1963, 14-30].

Eine weitere Verbindungsart ist die der Spannschlösser. Bereits 1959 wurde diese Art für das Expeditions-haus, Frankreich [1959//04] verwandt, da die Forscher den zweigeschossigen GFK-Bau schnell und zuverlässig aufbauen mußten. In der Fachliteratur finden sich nur noch ein weiteres Beispiel für die Anwendung dieser idealen Verbindungsart, Mario Scheichenbauer verwendete es innerhalb des Systems Ponza [1971/03].

9.4 Materialgeschichte der Kunststoffe

- 1907 Patent zur Herstellung von Phenolharzen an L.H. Baekland (Bakelit)
- Verstärkung von Holz-, Asbestfasern, Textilschnitzel und Woll- und Asbestgewebe
[Ehrenstein, 1992]
- 1910 Beginn der Produktion von Bakelit
- von belgischem Chemiker Leo Hendrik Baekeland (1863-1944)
Gründung der Bakelite-Gesellschaft in Berlin
Anfang der eigentlichen Kunststoffproduktion in Europa [Hufnagl, 1997]
- 1928 bei Röhm & Haas, Darmstadt (D) werden Polymethylacrylate entwickelt (PMMA)
Herstellung von Sicherheitsglas mit einpolymerisierter Polyacrylat-Zwischenschicht
von O. Röhm [Hufnagl, 1997]
- 1930 Entwicklung des Polystyrol, Nutzung für Spielzeug, Verpackung und als Schaumstoff
für Dämmung [http://www.apme.org]
- 1933 Entwicklung des Acrylglas, sofortiger Einsatz als Glasersatz in Flugzeugen des Militärs
Carleton Ellis (US) erhält erstes Patent für ungesättigte Polyesterharze
[Hufnagl, 1997]
- 1935 Beginn der großtechnischen Herstellung von Glasfasern
bei der Owens-Corning Fiberglas Corporation, USA [Ehrenstein, 1992]
- 1937 Produktion von ungesättigten Polyestern von Ellis-Forster (US)
Patent von Bayer, Polyadditionsverfahren für Polyurethan [Hufnagl, 1997]
- 1938 Entwicklung des Polyesterharzes von der Fa. Ellis Foster
Patent zur Herstellung von Epoxydharzen von P. Castan [Ehrenstein, 1992]
- 1940 Produktion von Polyurethan (PUR) von IG-Farben, Leverkusen
E.G. Rochow (US) entdeckt industrielles Syntheseverfahren für Silikone
[Hufnagl, 1997]
- 1942 technische Entwicklung von fiberglasverstärkter Polyester
- US Rubber Company [Hufnagl, 1997]
- 1943 erste Sandwichbauteile für Flugzeuge aus Glasfaser/Ungesättigte-Polyester-Laminaten
als Deckschicht und Balsaholz als Kernmaterial [Ehrenstein, 1992]
- 1945 Produktion von Wabenkernen (Honeycombs) durch L.S. Meyer
Entwicklung des Faserwickelverfahrens durch G. Lubin und W. Greenberg
(Ehrenstein, 1992)
- 1947 Industrielle Produktion von Epoxidharzen [Hufnagl, 1997]

1950	Produktionsbeginn von ungesättigten Polyestern (UP) in Deutschland [Hufnagl, 1997]
1951	erstes Pultrusionspatent - Strangziehverfahren zur Herstellung von Profilen [Ehrenstein, 1992] Anwendung von Polyätherpolyolen zur Herstellung von Schaumstoffen
1952 bis 1954	Erarbeitung der Grundlagen für technische Produktion von Polyurethanschaumstoff bei Bayer, Leverkusen [Hufnagl, 1997]
1953	Entwicklung der Cocooning-Spray-Technic von John Zerning, unter der Anleitung von Richard Baringer am Illinois Institute of Technology [Modern Plastics, 1953]

9.5. Architekturströmungen

9.5.1 Metabolisten

Die Architektur ist nicht etwas Festgefügtes, Unwandelbares, sondern etwas nicht endgültig Fixiertes, ständig der Wandlung Unterworfenes. Die Architektur soll die adäquate Form der Gesellschaft sein, die ebenfalls prozeßhaft begriffen wird. Hier wirkt das Erbe des Shintoismus nach: ewiger Wandel aller Dinge, Kontinuität des Ewigen im Vergänglichen. Flexibilität, der möglichen Veränderung der Nutzung.

Metabolisten: einzelne Bauteile werden auf gewisse Nutzungsdauer hin konzipiert und sollen durch andere, verbesserte ersetzt werden. Die Stadt als offenes System das Veränderungen erlaubt.

Diese Flexibilität wird durch zwei Hauptstrukturen gewährleistet, der weitgespannten, langlebigen, festgelegten Primärstrukturen (weitgespannte Konstruktionen, in größerem Abstand stehende Festpunkte, zugleich vertikale Kommunikationsstränge) und veränderbare, kurzlebige Elementstrukturen (frei dazwischengesetzte Wohneinheiten, jeder einzelne hat die Möglichkeit, seine Wohnung mit von Industrie gelieferten Elementen nach eigenen Intensionen zu gestalten, Anpassung an unterschiedliche Bedürfnisse und Identifikation des Bewohners). [Joedicke, 1998]

9.5.2 utopische Ansätze, Archigram

Archigram schufen das Image einer volltechnisierten Umwelt, einer Computerstadt, der Plug-in-City, die mehr Struktur als Architektur darstellt aber trotzdem Verwandtschaften mit den Ideen der Metabolisten aufzeigt. Es ist eine Architektur der Variabilität und der Flexibilität in der Nutzung, der Austauschbarkeit der Elemente und der Klassifizierung der Elemente nach der Nutzungsdauer. Die Stadt besteht aus einer Primärstruktur, welche auf neutrale Diagonalstruktur reduziert wurde und eingesetzten Elementen als Sekundärstruktur, z.B. Wohnzellen. Die wichtigen Elemente der Stadt werden eingesetzt: Straßen, Shopping Center, Wohneinheiten, Theater, Schulen. Aufblasbare Membranen überdecken bestimmte Zonen und bieten einen Wetterschutz. Kräne sorgen für Einbau und Ersatz verbrauchter Wohnzellen. [Joedicke, 1998]

9.5.3 Strukturalismus

Die Strukturalisten verstehen die Beziehung zwischen dem Raum und der Nutzung nicht mehr statisch und deterministisch. Der Raum und seine Form soll offen für Wandel und Veränderung sein, soll neue Nutzungen anregen (form evokes function), oder soll, so bei Herzberger, unfertig sein, zu Veränderung durch die Bewohner anregen. Es kennzeichnet die Betonung bestimmter Anordnungsprinzipien. So bezeichnet Tange, das, was die Räume verbindet, was ihnen Struktur verleiht, als Kommunikation. Kommunikationselemente in diesem Sinn sind die Festpunkte, aber auch horizontale Verbindungswege im Gebäude und die Erschließungswege zwischen den Gebäuden.

Das Grundprinzip des Städtebaus ist die Gliederung in kleine, überschaubare, menschlich erlebbare Einheiten. Die Zuordnung der kleinen baulichen Einheiten selbst, das bei den Strukturalisten oft stark formalisiert wird, sei es auf der Grundlage des Rasters, der Addition identischer Einheiten, des Prinzips der Gliederung in dienende und bediente Elemente oder durch die Betonung der der Kommunikation dienenden Verbindungselemente. Werden derartige Prinzipien konsequent angewandt, so besteht die Gefahr einer schematischen Lösung, wie auch die Addition identischer Einheiten bei großem Bauvolumen zur Unübersichtlichkeit führen kann. Deshalb weisen die angewandten Ordnungsgefüge immer Ausbrüche auf, Durchbrechungen des Prinzips.

Die Ord nende Struktur und die individuelle Interpretation sind hierbei die zwei Schlüsselbegriffe. Die Ordnung erfolgt durch den Architekten, die Interpretation durch den Benutzer. [Joedicke, 1998]

9.5.4 Organhaftes Bauen

Begriff des Organhaften besagt, daß ein Haus von innen nach außen zu bauen sei. Er besagt vor allem, daß das Haus selbst als Organ gebaut werden soll. Die Gestalt eines Bauwerkes kann nur aus dem Wesen der Aufgabe heraus gefunden werden. „Wir wollen die Dinge aufsuchen und sie ihre eigene Gestalt entfalten lassen. Es widerspricht uns, ihnen eine Form zu geben, sie von außen her zu bestimmen, irgendwelche abgeleiteten Gesetze auf sie zu übertragen...“ Hugo Häring

Das organische Bauen nach Joedicke unterscheidet zwei Prinzipien: Das eine schafft Formen um eines Ausdrucks willen, das andere sucht Leistungserfüllung im Dienst einer Aufgabe. Beide Prinzipien können einander widersprechen. Lösung dieses Zwiespaltes ist die gleichberechtigte Berücksichtigung der Ansprüche an Ausdruck und an Zweckerfüllung. Namhafte Vertreter sind Hugo Häring, Hans Scharoun.

[Joedicke, 1998]

9.5.5 Tektonischer Expressionismus

Die Entwicklung von neuen Technologien und Materialien im Bauwesen (Platten-Faltwerk, Fertigbauweise, Zeltkonstruktion, Betonschalenbau, radiale Verglasungssysteme, usw.) hatte tiefgreifenden Einfluß auf die Gestaltung. Bei der Konzentration auf Arbeiten, bei denen die Konstruktion eine stilbestimmende Stellung einnimmt und zu charakteristischen Aspekten des Gebäudes wird, tritt die enorme Bedeutung der Technik sowie die Art und Weise, in der sie Architektur durch das Ingenieurwesen beeinflußt hat, deutlich zutage. Einst ein Schwerpunkt beim Studium der modernen Architektur, kann man diesen tektonischen Ansatz neu überdenken und auf den aktuellen Stand bringen, indem man Werke untersucht, die als klassische Beispiele der tektonisch expressiven Moderne anerkannt sind, angefangen bei den um die Jahrhundertwende von Antoni Gaudí angestellten Experimenten mit Beziehungen zwischen organischer Form, Geometrie und Konstruktion bis hin zu um die Mitte des Jahrhunderts entstandenen Entwürfen der Ingenieure Eduardo Torroja, Pier Luigi Nervi und Felix Candela sowie Architekten Jorn Utzon, James Stirling und Eero Saarinen. Elizabeth A.T. Smith in [Ferguson, 1999, 74]

Anhang					
Architekturgeschichte					
	bis 1500	1600 -	1700 -	1800 -	1850 -
Stein, Backstein, Terracotta [Blaser, 1996] [Schlaich, 1996]	- Lehmziegel: ca. 10.000 v. Chr. - gebrannter Ziegel: ca. 3500 v. Chr. - 100 bis 300 n.Chr. Kuppeln in römischen Tempeln, Thermen und Palästen - 532-537 Hagia Sophia in Byzanz - ab 650 Kuppeln des Islam - 1130-1500 gotische Kathedralen mit Strebewerk, Bündelpfeiler, Spitzbogen, Kreuzrippengewölbe, Fensterrosetten 1418-1436 Dom in Florenz, Santa Maria del Fiore, Renaissance von Filippo Brunelleschi, mit zweischaliger Backsteinkuppel, eingemauerten Rippen	ital. Barock: 1668-87 Kirche San Lorenzo in Turin (I), Auflockerung des Raumgefüges - ca. 1680 rubber oder rubbing bricks (GB, F, D), weiche Ziegel; Fugen von wenigen Millimetern möglich, gleichmäßiges Erscheinungsbild auch für dekorative Details verwendet, Bsp. Viktoria und Albert Museum, London - Bauvorschriften eingeführt, Häuser in Backstein, nicht mehr in Holz; bspw. durch großen Brand von London (1666)	- reine Steinbauten nur noch in abgelegenen Gebieten, Siedlungen zu finden: bspw. Provence, Apulien, Sardinien, Nordafrika, Nordirland, ital. Schweiz - technologischer Fortschritt der Herstellung des Backstein, somit billiger, Exportmöglichkeit verbessert - 1734-64 Holkham Hall, englisches Landhaus im Stil Palladios - ca. 1750 coade stone (GB); künstlicher Stein, ähnlich dem Terracotta, Ornamente, Frieze und Skulpturen formbar und zu Stein brennen - 1785 Hohlziegel von frz. Architekt St. Far bei Bau der Gewölbe und Kuppeln des Palais de Justice verwendet	- industrielle Produktion von Backstein - 1824 Portlandzement – zunächst als Kalkmörtelersatz entwickelt, schnell aber auch als Verputz und schließlich als Beton benutzt - neue Bauprojekte: Kanäle, Schienennetze, Ausbau der Kanalisation - Ingenieurbaukunst 1836 Warcliffe-Viadukt in Hanwell, Surrey (GB) von Ing. Isambard Kingdon Brund - 1832-35 Berliner Bauakademie von Karl Friedrich Schinkel, Backstein- und Terracottakunst (D)	- 1854-66 Les Halles, wichtigste Markthalle in Paris (F) aus Gußeisen und Backstein - 1860 polychrome Gotik der Trinity Church Parish School, New York (USA) von Jacob Wrey Mould - 1878-80 gebaute Villa Casa Viceus, Bcelona, von Antoni Gaudí y Cornet (Spanien), Verbindung von organischer Architektur und Art Nuveau - um 1900 verschiedene Patentziegel, Hohlziegel und Balken (aus Terracotta in Beton eingegossen) auf dem Markt - 1889-91 Monadnock Building, Chicago (USA) von Daniel Hudson & Brurnham und John Wellborn Root, zählt zu höchsten Backsteinbauten der Welt, 65 m ü. Straßenniveau
Holz [Hansen, 1969] [Klöckner, 1982] [Seraphin, 2003] [Grohmann, 1953]	- ca. 1000 Wikingerzeit aufgekommene Blockbautechnik, Skandinavien - 1130 Stabkirche in Hopperstad, Sogn, Skandinavien - 12. Jh. Einführung der Bodenschwellen in Norwegen, Britische Inseln, daher längere Standzeit von Ständerbauten/Fachwerk	- bis dahin Fachwerkbauten, Ständerbauten vorherrschend - Blockhäuser: repräsentative Bauernhäuser im 17./18. Jh. in Schweiz und Österreich - 1667-81 Blockbau: Zarenschloß Kolomenskoje, SU - 1617 erste Darstellung eines linsenförmigen gespreizten Trägers bei Faustus Verantius (I) - 1658 verzahnter Unterzug im Rathaussaal Amsterdam (NL), 14,35 m Spannweite	- 1782 erste Kuppel in Bohlenbauweise, Paris (F) - 1705 in Blockbau Hospitalkirche in Drontheim, Norwegen - 1770 Paneelarchitektur, klass. Fassade, bspw. Stiftshof in Drontheim, Norwegen	- 1809 verleimte Bogenbrücke bei Altenmarkt, (D) von Wiebeking - 1826 Reithalle in Libourne (F) von A. R. Emy, Bohlenbinder mit liegenden Lamellen - 1835 Brücke über Stadtgraben, Hannover mit gespreiztem Träger von Georg L. F. Laves (D) - 1853 Rottbrücke (Nordamerika) System von William Howe, Brückenträger Fachwerk mit Andreaskreuzen und Gußeiserne Balkenschuhe - 1856 Großhesseloher Brücke über die Isar, (D) von Pauli, Fischbauch-Fachwerk - 1847 Bahnhofshalle München (D) von Bürklein, als Bohlenbögen	- Mitteleuropa: lediglich temporäre Festhallen bis dahin dominierend in Dachstühlen, Decken - Stadtvillen im Empirestil und Sommerhäuser in Skandinavien
Eisen [Ludwig, 1998] [Schulitz, 1999] [Werner, 1992]		- eiserne Verankerungen, Ringanker - Eisen wird im Holzkohlehochofen gewonnen	- um 1750 Eisenerz wird mit Steinkohlekoks verhüttet - 1779 erste Brücke aus Gußeisen in Coalbrookdale, GB - 1780-1850 Gußeisenperiode	- 1801 Decken-Stützen-Konstruktion für siebenstöckige Spinnerei (GB) von Boulton und Watt - 1834 Saanebrücke bei Fribourg, 237 m Hängebrücke mit Drahtkabeln von Joseph Chaley - 1840er eiserne Wohngebäude für Kolonien	- 1851 Kristallpalast London von Joseph Paxton - 1889 Eiffelturm Paris von Gustave Eiffel - 1889 Maschinenhalle Paris erster Dreigelenkbogen von Ferdinand Dutert, Victor Contamin - 1895 Patent von Šuchov (SU) netzförmiges System, eiserne Seile und Netze - 1850-1900 Schmiedeeisenperiode
Beton Stahlbeton [Croft, 2004] [Joedicke, 1962] [Kind-Barkauskas, 1995]	- römischer Beton: 118-125 Pantheon, Rom (I) mit 43,3 m Spannweite		- um 1700 Wiederentdeckung des von Römern genutzten Betons - 1787 feuerresistentes Haus in Amiens (F)	- 1824 Entwicklung des Portlandzements in England von englischem Maurermeister Joseph Aspdin - 1850 Versuche mit Eisenbewehrungen (GB, F)	- 1854 Patent für Eisenbeton-Verbunddecke (GB) von William Boutland Wilkinson - 1855 dreigeschossiges Wohnhaus aus Beton (F) von Bauunternehmer Francois Coignet - 1881 erste vorgefertigte Betonelemente in Biarritz (F) von Edmond Coignet - 1886 erste Experimente mit Vorspannung der Eisenstäbe von Amerikaner Jackson, deutsche Ingenieur Doehring entwickelt es weiter
Glas [Knaack, 1998] [Fischer, 1970]	- 79 n.Chr. Gußglas für mit Holzsprossen geteilte Fenster 2 x 2 m in Therme von Pompei (I) - 1000 Glasfenster in Klöster- und Kirchenfenstern	- 1688 Gieß- und Walzverfahren entwickelt		- 1845 Aufhebung der Luxussteuer auf Glas	- 1865 Patent USA Isolierglasscheiben - um 1850 Wintergärten, Glaspaläste, Markthallen, Bahnhöfe, Galerien in Stahl-Glas-Architektur - Gewächshäuser als einziges konstruktiv, statisch wirksamer Einsatz
Aluminium [Schäffke, 1991]				- 1850 erste Erzeugung von Aluminium	- 1897 Kuppelindeckung Kirche San Giacchino, Rom (I)

	1900	1920 / 30 / 40	1950	1960	1970
Stein, Mauerwerk, Terracotta [Blaser, 1996]	<ul style="list-style-type: none">- sogenannte Prärie-Stil: 1906 Haus Robie, Chicago (USA) von Frank L. Wright- 1908-14 Santa Colona de Cervelló, Barcelona, Spanien von Antoni Gaudí mit Stein und Mauerwerk- GB: Landhäuser in Queen-Anne-Stil und Arts & Crafts-Bewegung, z.B. Folly Farm 1906/1912- 1921-23 Millard House „La Miniatura“ in Pasadena, USA von F.L. Wright mit Zementsteinen- 1923 Storer House in Hollywood, C., USA, von F.L. Wright mit Betonsteinen- 1921-24 Einsteinturm von E. Mendelsohn, neue Architektur mit Backstein gebaut aber verputzt, modelliert mit Beton	<ul style="list-style-type: none">- Dänemark: dänischer Funktionalismus (1853-30): Grundtvigskirche, Kopenhagen 1913-40- NL: Amsterdamer Schule (1912-30): Michel de Klerk und Piet Kramer, Scheepvaarthuis (Kantorgebäude) Amsterdam 1919-21- Art déco 20/30er Jahre: American Radiator Building, New York 1924 von Raymond HoodBackstein hier bevorzugt für Verkleidungen der Hochhäuser- De-Stijl-Bewegung (1917-30): Rathaus von Hilversum, NL von Willem Marinus Dudok 1928	<ul style="list-style-type: none">- Moderne: Baker House 1946-49Studentenwohnheim in MIT, Cambridge, Mass. USA von Alvar Aalto	<ul style="list-style-type: none">- community architecture, 1968-80 Byker Wall von Ralph Erskine, Newcastler, GB- skandinavische Arch. 1963-66 St. Petri in Klippan, Schweden, von Sigurd Lewerentz seine Hommage an den Backstein- 1966-71 Philips Exeter Library, New Hampshire, USA von Louis Kahn	<ul style="list-style-type: none">- 1972-73 Turmhaus in Riva San Vitale, Tessin, CH von Mario Botta
Holz [Sack, 1985] [Seraphin, 2003]	<ul style="list-style-type: none">- 1902 biegesteifer Bogen mit gitterartigem Steg nach Stephan (D)- 1904 aus gekoppelten Stäben zusammengesetzte Konstruktionen Meltzers (D)- 1900-1907 Brettschichtholz, Leimträger, Hetzer-Binder (D), Patente von weitgespannten Trägern, Bögen und Rahmenbinder- 1909-1915 Luftschiffhallen- 1911 Luftschiff mit hölzernem Gerippe aus Furnieren mit Leimtechnik- 1914-16 Bahnhofshallen Stuttgart	<ul style="list-style-type: none">- 1934 SBU Mast von Mühlacker (D), H= 190 m- 1920/30er vorgefertigte Häuser nach Typenentwürfen- 1921 Lamellenbauweise auch in Verbindung mit Betonbauweise, Zollinger (D)Hallenüberdachungen- 1924-25 Scheune des Guts Garkau von Hugo Häring (D)	<ul style="list-style-type: none">Wiederaufleben des Holzleimbau in BRD- 1957/67 Kirchen in Zollinger-Bauweise, Köln/ Leverkusen (BRD) von Arch J. Lehmbrock, K. Schultig, Ing. P. Schweiger, Dachkonstruktion aus Schalen mit rautenförmiger Anordnung der Holzrippen- Ausstellungs- und Bürogebäude der Fabrik in Duxford (GB) von Westwood Sons & Partners, gekrümmte, verleimte Holzbinder als Stützen- ein- oder zweigeschossige Wohnhäuser oder auch Reihenhäuser in Holzskelett- und Tafelbauweise	<ul style="list-style-type: none">- ein- oder zweigeschossige Wohnhäuser oder auch Reihenhäuser in Holzskelett- und Tafelbauweise- 1969 Pavillon für Gartenschau in Dortmund (BRD) Ing. G. Scholz, Hängeschale auf Grundriß eines Karos- ca. 1966 verschd. Schulpavillons der Volksschule in Tacoma, Washington (USA) von Robert Billsbrough Price- ca. 1966 Wohnhaus der Architekten, in Applecross (Australien) von Ian Brackenridge, Tonnenschalen- ca. 1966 Eigenheim des Architekten in Lambertville, New Jersey (USA) von Jules Gregory, Dachfläche als Konoidschale- ca. 1966 Schalterhalle Bahnhof Schiedam (NL) von K. van der Gast, 23 hyperbolische Paraboloid	<ul style="list-style-type: none">- 1970 Eissporthalle in Grefrath (D) BSH-Fachwerkträger, 60 m Spannweite von L. Limmer, Düsseldorf- 1974 Messehallen Nürnberg (D) von Arch. Plan GmbH, Ing. J. Natterer, K. März, gleichseitige Dreiecke aus BSH als Dachtragsystem auf Stahlstützen- 1975 Multihalle in Mannheim (BRD) von Carlfried Mutschler und Frei Otto- 1979 Eissporthalle Davos (CH) von Arch. Krähenbühl, Ing. W. Biele, räumliches Dreigelenkbogensystem, fächerförmig auseinanderlaufende Bögen- ein- oder zweigeschossige Wohnhäuser oder auch Reihenhäuser in Holzskelett- und Tafelbauweise
Eisen [Ludwig, 1998] [Schulitz, 1999] [Werner, 1992]	<ul style="list-style-type: none">- Mitte 1920er Hochbau- bis 1930er Skelettbau Blütezeit Hangars für Luftfahrt- 1880 bis heute Stahlperiode	<ul style="list-style-type: none">- 1929 Flugzeughalle Oberwiesenfeld Flughafen München (D) Fachwerkstruktur- 1948-51 Lake Shore Drive Apartments, Chicago (USA) von L. Mies van der Rohe, Stahlrahmenkonstruktion- 1949 Wohnhaus bei Los Angeles von Charles und Ray Eames, Bausystem- 1930er Schweißtechnik eingeführt	<ul style="list-style-type: none">- 1950 Einführung des MAN-Stahlhauses, BRD aus Stahlblechtafeln- 1957 Seagram Building, New York (USA) von L. Mies van der Rohe, Philip Johnson, Stahlrahmenkonstruktion	<ul style="list-style-type: none">- 1967 Zeltbau des Deutschen Pavillons der Weltausstellung in Montreal (Kanada) von Rolf Gutbrod und Frei Otto- 1967 US-Pavillon in Montreal von Buckminster Fuller, geodätische Kuppel- 1969 John-Hancock Tower, Chicago von Skidmore Owings & Merrill, Fazlur Khan, Fachwerk	<ul style="list-style-type: none">- 1972 Olympiabauten in München (BRD), Zeltlandschaft von Behnisch & Partner, Frei Otto, Leonhardt + Andrä- 1974 Sears Tower in Chicago (USA), 442 m hoch von Skidmore Owings & Merrill, Fazlur Khan- 1972 Kirche in Oer-Erkenschwick von Joachim Schürmann, Raumtragwerk- 1978 Sainsbury Centre for Visual Arts, Norwich (GB) von Norman Foster, Fachwerk

	1900	1920 / 30 / 40	1950	1960	1970
Stahlbeton [Croft, 2004] [Joedicke, 1962] [Kind-Barkauskas, 1995]	<ul style="list-style-type: none">- 1901 erste Dreigelenkbogen-Stahlbetonbrücke (CH) von Robert Maillart- 1902 erstes Eisenbeton-Hochhaus Ingalls Building, Chincinnati (USA), von Elzner und Anderson, 16-gesch.- 1905 von Antoni Gaudí Haus in Barcelona- 1910 erste Pilzdecke in Lagerhaus, Zürich (CH) von Robert Maillart- 1911-13 Jahrhunderthalle in Breslau (PL) von Max Berg, 65 m spannende Kuppel- 1916-18 die Henry Thompson-Bridge, Concrete (USA), längste einfach überspannte Betonbrücke- 1916 Faltwerk, Luftschiffhalle in Orly (F) von Eugène Freyssinet	<ul style="list-style-type: none">- 1935 Begriff Spannbeton eingeführt (D) von Firma Wayss & Freytag- 1922 Patent Herstellung von Kuppeln und gekrümmte Flächen aus Eisenbeton von Walter Bauersfeld- 1924 Haus Schröder, Utrecht (NL) von G. Rietveld, De-Stijl- 1925-27 Lower-Baker-Damm (USA), der damals größte hydroelektrische Damm der Welt1928 Goetheanum, Rudolf Steiner, Dornach (D), Expressionismus- 1928 Dischinger Schale definiert- 1934 hyperbolische Paraboloidे verwendet (Spanien von Torroja, Ch von Maillart, Italien Nervi)- 1935-39 House Falling Water, Mill Run, Pennsylvania (USA) von F. L. Wright, auskragende Stahlbetonplatten- 1936-39 Verwaltungsgebäude der Johnson Wax Company, Raine, Wisconsin (USA) von F. L. Wright, pilzförmige Stahlbetonstützen	<ul style="list-style-type: none">- 1954 Wallfahrtskirche Ronchamp (F) von Le Corbusier (Schüler von Auguste Perret), skulptural gestaltet- 1957 Kloster La Tourette, Eveux (F) von Le Corbusier, quadratischer Baukörper mit gekreuztem Gang im Innenhof- 1957 Palazzo dello Sport, Rom (I) von Pier Luigi Nervi, runder Kuppelbau mit inneliegenden Rippen- 1958 Restaurant Mantiales Xochimilcho (Mexico) von Felix Candela, paraboloidе Betonschalen- 1959 Guggenheim Museum, New York (USA) von F. L. Wright, spiralförmig, leicht trichterartiger Baukörper	<ul style="list-style-type: none">- 1956-62 TWA Terminal am John -F.-Kennedy-Flughafen, New York (USA) von Eero Saarinen- 1961 Siedlung Halen, Bern (CH) von Atelier 5, verdichtete Einfamilienhaussiedlung- 1964 Olympiahalle, Tokio (Japan) von Kenzo Tange- 1966-67 Kirche Neuss-Weckhofen (BRD) von F. Schaller, S. Polónyi, Faltwerk- 1968 Rathaus Bensberg (BRD) von Gottfried Böhm, expressionistischer Sichtbeton- 1968 Teepott, Warnemünde (DDR) von Ulrich Müther, Hyperparaboloid	<ul style="list-style-type: none">- 1956-76 Oper Sydney (Australien) von Jørn Utzon- 1970 Keramion, Frechen (BRD) von Peter Neufert und Stefan Polónyi, doppelt gekrümmte Membranschale- 1971 Gartencenter, Camarino (CH) von Heinz Isler, hautartige Schale- 1970-72 Verwaltungsgebäude, Centraal Beheer, Aperdoorn (NL) von Hermann Hertzberger, Strukturalismus- 1977 Wohnbebauung Genter Straße, München (BRD) von Otto Steidle, Stahlbetonfertigteile
Glas [Knaack, 1998]	<ul style="list-style-type: none">- 1909 Verbund-Sicherheits-Glas Entwicklung- 1911 Fagus-Werk, Alfeld (D) von Walter Gropius, der erste „curtain-wall“- 1914 Treppenhaus des Büro- und Fabrikgebäudes, Köln (D) von Walter Gropius, erste vollständig verglaste Treppe- 1918 Hallidie-Warenhaus, San Francisco (USA) von Willis Jefferson Polk- 1919-24 Projekte in Stahl / Glas, der Haut und Knochen-Struktur von Ludwig Mies van der Rohe	<ul style="list-style-type: none">- 1930 Einscheiben-Sicherheits-Glas Entwicklung- Industrieerzeugnisse: Glasbausteine, -fliesen, -kacheln, -prismen- angewendet 1914 Glashaus der Werkbundausstellung, Köln (D) von Bruno Taut- 1928 Haus Dr. J. Dalsace, Paris (F) von Pierre Chareau- 1929 deutscher Pavillon der Weltausstellung in Barcelona von Ludwig Mies van der Rohe- 1948 Lake Shore Drive Apartments, Chicago (USA) von Ludwig Mies van der Rohe, Stahl / Glas	<ul style="list-style-type: none">- 1951: Ausstellungspavillon der Fa. Glasbau Hahn/Frankfurt a.M., ausschließlich Glas- 1959 Floatglasverfahren von E. Pilkington (GB), hochwertiges, planparalleles Glas- 1950 Farnsworth-Haus, Plano, Illinois (USA) von Ludwig Mies van der Rohe, allseitige Öffnung- 1958 Deutscher Pavillon der Weltausstellung Brüssel von Egon Eiermann und Sep Ruf	<ul style="list-style-type: none">- Industriebauten, Massenwohnungsbau, Einfamilienhäuser- Ideen der Moderne vielfach umgesetzt	<ul style="list-style-type: none">- 1971-75 Willis Faber & Dumas in Ipswich (GB) von Foster Ass. und Fa. Pilkington, Entwicklung der Punkthälter für ESG, Glasschwerter zur Stabilisierung- 1978 Sainsbury Centre for Visual Arts in Norwich (GB) von Norman Foster Ass.- Entwicklung der Structural Glazing-Fassade (USA), Glasscheiben auf Unterkonstruktion mit Silikon aufgeklebt

	1900	1920 / 30 / 40	1950	1960	1970
Aluminium [Schäffke, 1991]	<ul style="list-style-type: none">- 1920er Dach-, Gesimseindeckungen, Regenrinnen, Fassaden- und Wandbekleidung, Bleche, Fenster, Türen- 1931 Aluminaire House auf Architekturausstellung New York, (USA)- 1949 Haus in Kolonialstil von Jean Prouvé (F)- 1930er Flugzeugbau	<ul style="list-style-type: none">- 1933 Fassadenelemente mit Schiebefenstern, Paris-La-Vilette (F)1933 Smithfield Street-Brücke in Pittsburgh (USA), mit Aluminiumfahrbahn- 1937-39 Maison du Peuple, Clinchy (F) konvexe Fassadenplatten- 1940er Aluminiumtransporthaus (D)- 1948 Klappbrücke Junction-Brücke an der Einfahrt zum Hendon-Dock im Hafen von Sunderland, von 37 m Spannweite	<ul style="list-style-type: none">- 1951/52 Dach der Dortmunder Westfalenhalle (BRD)- 1951 „Dome of Discovery“ größter Bau der Londoner „South Bank Exhibition“ (GB) vollständig aus Aluminium bestehendes Kuppeldach, Durchmesser 104 m, Fachwerkträgerrippen- 1952 Flugzeughalle für de Havilland Aircraft Company, Hatfield, Hertfordshire (GB), Zweigelenk-Rahmen-konstruktion- 1954 Kaufhof Köln (BRD) Fassade aus Profilen- 1957 Kugelhaus von R. Walter, Friedrichshafen (BRD), Schutzhaus für Export- 1958 Außenhaut des Atomium’s, Expo in Brüssel (B)- 1959 Dach der Epiphaniienkirche in Berlin-Charlottenburg (BRD) von Prof. Konrad Sage, Willy Neumann	<ul style="list-style-type: none">- 1961 South-Bank-Dachkonstruktion in London (GB) von Z.S. Makowski entwickelt, räumliche Konstruktion aus vierseitigen Pyramiden- 1962 erste vollständige aus Aluminium bestehende Straßenbrücke über Arvida-Fluß (Kanada), genietet- 1962 Pavillon der Aluminium-Zentrale e.V. der Hannover-Messe, von H. Maurer, München, räumliches Tragwerk (Pyramiden) an Alu-Mast- 1963 Ausstellungspavillon der Internationalen Budapester Messe (Ungarn) von Ilona Harcos, Georg Serigi, hyperbolisch-paraboloidisch geformte Dachabdeckung der Dreigelenkbögen	<ul style="list-style-type: none">- Einsatz im Transportwesen, Automobilen, Lkw’s
Kunststoff GFK [Ehrenstein, 1992]	<ul style="list-style-type: none">- 1907 Patent zur Herstellung von Phenolharzen an L.H. Baekland (Bakelit) Verstärkung von Holz-, Asbestfasern, Textilschnitzel und Woll- und Asbestgewebe- 1910 Beginn der Produktion von Bakelit	<ul style="list-style-type: none">-1928 bei Röhm & Haas, Darmstadt (D) werden Polymethylacrylate entwickelt (PMMA)- Herstellung von Sicherheitsglas mit einpolymerisierter Polyacrylat-Zwischenschicht von O. Röhm- 1930 Entwicklung des Polystyrol, Nutzung für Spielzeug, Verpackung und als Schaumstoff für Dämmung- 1933 Entwicklung des Acrylglas, sofortiger Einsatz als Glasersatz in Flugzeugen des Militärs- 1933 Carleton Ellis (USA) erhält erstes Patent für ungesättigte Polyesterharze- 1937 Produktion von ungesättigten Polyestern von Ellis-Forster (USA)- 1940 Produktion von Polyurethan (PUR), IG-Farben, Leverkusen (D)- 1942 technische Entwicklung von fiberglasverstärkter Polyester der US. Rubber Company- 1945 Entwicklung des Faserwickelverfahrens von G. Lubin und W. Greenberg- 1943 erste Sandwichbauteile für Flugzeuge aus Glasfaser/Ungesättigte-Polyester-Laminaten als Deckschicht und Balsaholz als Kernmaterial	<ul style="list-style-type: none">- 1950 Produktionsbeginn von ungesättigten Polyestern (UP) in BRD- 1951 erstes Pultrusionspatent, Strangziehverfahren- 1952-54 Erarbeitung der Grundlagen für technische Produktion von Polyurethanschaumstoff bei Bayer, Leverkusen- Boote aus GFK (USA)- 1953 GFK-Karosserie des Chevrolet Corvette (USA)- 1954 Cocooning –Spray-Technic von John Zerning, Illinois Institute of Technology (USA)- 1956 technische Produktion von Polycarbonat (PC), (D)- 1954 Radom (USA) aus dreieckigen GUP-Platten, ca. 11 m Durchmesser- 1956 vorgefertigte Gartenschwimmbecken aus GUP (USA) 4,50 x 9,0 x 0,9 m bestehend aus 4 Teilen- 1956 Oberlichter Großlichtkuppel (CH) von Heinz Isler, d= 5-7 m , t= 3,5 mm- 1956 Coulon Schein Kabine (F) Arch./Ing.: Coulon, Schein, Magnant- 1957 Monsanto House (USA) Einfamilienhaus aus GUP- 1959 amerikanischer Ausstellungspavillon im Sokolniki-Park Moskau, lilienförmigen Schirmkonstruktionen (Hyparflächen) aus GFK	<ul style="list-style-type: none">- 1960 Kunststoff-Kugelhaus (BRD) von Egon Brütsch- 1960 Überdachung Tankstelle Thun (CH) von Heinz Isler- 1961 Relais-Häuser (GB) von British Railways- 1964 Ausstellungs Schirmkonstruktion „Les échanges“ Expo ’64 (CH) von Heinz Hossdorf- Schwimmbadüberdachung (GB), GFK-Pyramiden mit Dreieckgitter aus Stahlstäben, von R. Gilkie, Uni Surrey- 1966 bewegliches Dach einer Aufbereitungsanlage für Schwefelerz, bei Rom (I) von Renzo Piano- 1966-67 Markt in Argenteuil und de Fontenay aux Roses (F) von Stephan DuChateau- 1967 Bulles Six Coques (F) für Feriendorf in Pyrenäen, von J. Maneval- 1968 Dach über Sportstadt in Benghazi (Libyen) von Arch. Munce und Kennedy, Ing. Mickleover Ltd. (GB)- 1968 Futuro Apré Ski-Hütte (FIN) von Matti Suuronen, Helsinki- 1968 fg 2000 (BRD) Bausystem für EFH von Wolfgang Feierbach- 1968 Schwimmbadüberdachung, Lincoln (GB)- 1969 Noa (J) Minihaus, Campingtrailer, Hausboot	<ul style="list-style-type: none">- 1971 Produktionsbeginn von Aramidfasern, Fa. DuPont- 1970 Takara Pavillon der Expo in Osaka (Japan) von Kisho Kurokawa, Tokyo, Raumzellen aus GFK in Raumtragwerk aus identischen Rohrkrümmungen (Stahl)- 1970 Bürofassade (NL) von Laurens Bisscheroux- 1971 Kugelpavillons (BRD) für Deutsche Industrieausstellung Sao Paulo- 1971 Flughafenterminal Dubai (Arab. Emirate) von Brian Broughton- 1971 Academic & Occupaional School in Frobisher Bay (Canada), Außenhaut aus GUP

Literatur / Zeitschriften / Briefe

- AA informations: Équipements d'aires de jeux. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr. 166 Heft März, April (1973), S. XXIX-XXX
- Ackermann, Günther: Der Bau von Tragwerken aus Kunststoffen im Osten Deutschlands (1945-1990). In: *Bautechnik* Heft 7 (2001), S. 504-519
- Adam, Hubertus: Der Herzschlag von Doetinchen. In: *db (deutsche bauzeitung)* Heft 4 (2006), S. 55-59
- Ajrapetov, D. P.: *Architectural material science*. Moscow: Mir Publishers, English translation, 1986
- Akademie der Künste: *Matthias Goeritz 1915 - 1990 - El Eco*. Berlin: Akademie der Künste, 1992
- Allemagne Occidentale: IKA '71. In: *neuf* Nr. 33, September-Oktober (1971), S. 83-96
- Amtor Schwabe – 70 Jahre. In: *plasticonstruction* Heft 3 (1977), S. 102-103
- Anteil des Fertigbaus 1967. In: *Architektur & Wohnform* Heft 8 (1968), S. 231
- Applications. New entry in all-plastic housing. In: *Modern Plastics* September (1971), S. 126
- Arch. Forum: plaques raidies. In: *technique & Architecture* Nr. 6, Januar 1958, S. 96
- Architectural Fiberglass. In: *Architectural Review* Nr. 943 Heft 9 (1975), S. 7 (Werbung)
- Atkins, Mark: *House of the Future brochure*. 1960s version, - Werbebroschüre
- Attraktion in Hannover: *Das erste Kunststoff-Röhrenhaus der Welt aus Palatal*. Ludwigshafen, 1970. – Firmenschrift, Presse-Information
- Audouin, Jean: une reconversion réussie. In: *Plastiques Batiment* Heft 110 Oktober (1967), S. 20-21
- Ausstellungskatalog: *Die Welt von Charles & Ray Eames*. Vitra Design Museum 1997, S. 162
- Badstube, M.: Freitragende Parkhalle in Wabenbauweise. In: *ifl-Mitteilungen* Institut für Leichtbau Dresden (1964), S. 330 ff
- Balkowski, D.: Das Kunststoffhaus als Konstruktionsform. In: *dbt (Deutsche Bautechnik)* Heft 2 (1962), S. 118-119
- Bancilhon, Philippe, Atelier d'Architecture et d'urbanisme, Frankreich, Paris, Tel. 01.53.27.66.12, Fax 01.53.27.66.10: *Brief* vom 24.05.2004 an Elke Genzel, FOMEKK, Bauhaus-Universität Weimar
- Bancilhon, Philippe: *La Bulle six coques*. Paris: Eigenverlag jousse entreprise, 2003
- Barth, Karl: Skizze eines Rundgangs durch die Ausstellung. In: *Neue Züricher Zeitung*: (1964-04-23)
- BASF Information. Ludwigshafen, Heft 9 (1970), - Firmenschrift
- BASF Unternehmensarchiv, Ludwigshafen, - Archivmaterial
- Bau einer großen Radar-Kuppel aus Glasfaser-Polyesterharz. In: *Kunststoffe* Heft 11 (1960), S. 651
- Baueinheiten aus Kunststoff. In: *Detail* Heft 5 (1970), S. 1066
- Baumgartner, H.; Kurz, R.: *Mangelhafter Schallschutz von Gebäuden*. Fraunhofer IRB Verlag, 2003, S. 219
- Becker, Wolfram; Lange, Heinz: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen (Kunststoffe). In: *Der Architekt* Heft 11 (1973), S. A 508-A 516
- Benjamin, B.S.: *Structural Design with Plastics*. Polymer Science and Engineering Series London Van Nostrand Reinhold Company, 1969
- Benz, Peter: Exkursion Japan, 1999, Archivmaterial
- Bernert, J.; Hintersdorf, G.; Wende, A.: Praktische Dimensionierungsverfahren für tragende GFK-Bauteile. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1966), S. 847-854
- Best, Alastair: Pyramides for a change. In: *Architectural Review* Nr. 928 Heft 6 (1974), S. 360-365
- Beyer, Waldemar: Glasfaserkunststoffe für die Bautechnik: Kennwerte für GFK. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1956), S. 591
- Beyer, Waldemar; Schaab, Herbert: *Glasfaserverstärkte Kunststoffe; Kunststoff-Verarbeitung Folge 2*. München: Carl Hanser Verlag, 1969
- Bilder einer Ausstellung. In: *Baumwelt* Heft 10 (1971), S. 1597
- Billington, David P.: Heinz Isler – Ein Ingenieur als bildender Künstler. In: *db (deutsche bauzeitung)*, Heft 8 (1986), S. 28-33

- Binder, Gerhard: Bauteile, Baustoffe, Bauzubehör. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1971), S. 982-983
- Bisscheroux, Laurens: Immeuble de Bureaux. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr. 165 Dez. 1972, Jan. 1973, S. 35-37
- Blaser, Werner: *Stein Pionier Architektur*. Zürich: Waser Verlag, 1996
- Bletchley Laisure Centre, Buckinghamshire. In: *Architectural Review* Nr. 932 Heft 10 (1974), S. 234-236
- Bodiansky, V.: Igloo. In: *techniques & Architecture* Serie 19 Heft 4 (1959), S. 19
- Böhm, Ehrtried: *Die Welt der Kunststoffe*. Hannover: Steinbock Verlag, 1972
- Boller, K.H.: *Effects of Long-Term Loading on Glass-Fiber-Reinforced Plastic Laminates*. New York: Reinforced Plastics Division, Society of the Plastic Industry, 1956. – Proceedings
- Born, J.: *Praktische Schalenstatik*. Berlin: Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, 1960
- Bötschi, Pierre: Neue Tendenzen - Keith Albarn and Partners Ltd., London. In: *Bauen + Wohnen* Heft 5 (1971), S. 184-185
- Boyd Whyte, Ian; Schneider, Romana: *Die Gläserne Kette*. Ostfildern (Ruit): Hatje Cantz Verlag, 1996
- Buchanan, Peter: *Renzo Piano Building Workshop*. Band 1, Ostfildern (Ruit): Hatje Cantz Verlag, 1994
- Budde, Hans: Auswertung von Presseberichten zum 42. Bundestag des BDA. Kongreß Wie werden wir Wohnen. In: *Der Architekt* Heft 8 (1967), S. 371-375
- Bühler, Dirk: *Brückenbau im 20. Jahrhundert – Gestaltung und Konstruktion*. München: Deutsche Verlags-Anstalt, 2004
- Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM): Prüfungszeugnis, Aktenzeichen 2.2/15 665, 3. Ausfertigung, Antrag vom 22.9.1971, Antragsteller Firma Wolfgang Feierbach in Altenstadt (Hessen): *Bauteil- und Materialprüfungen für den Antrag auf bauaufsichtliche Zulassung des Bausystems fg 2000*
- Büro Casoni & Casoni. Basel, 2004, Archivmaterial
- Büttner, Oskar; Hampe, Erhard: *Bauwerk Tragwerk Tragstruktur* - Band 2. 1. Aufl. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1984
- BÜV-Empfehlung: *Tragende Kunststoffbauteile im Bauwesen [TKB]*. Diskussionsentwurf, Fassung Oktober 2002
- Campbell, James W.P.; Pryce, William: *Backstein*. München: Knesbeck, 2003
- Candilis, Georges: "L'Hexacube" - Kunststoffraumzellen. In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 144-145
- Casoni & Casoni: Öffentliche Baumappte der Ostschweiz, 1971/72, - Archivmaterial
- Celulle préfabriquée en matière plastique. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr. 124 (1966), S. 102
- Chaperot, Yves: Coques en Polyester «Polycorolles». In: *techniques & Architecture* Serie 25 Heft 1 (1965), S. 9-11
- Chemelli, Angelo: *Baudokumentation*. St. Gallen, 2004, - Archivmaterial
- club de jeunes. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Heft 131 (1967), S. 88-89
- Cointe, Marcel: Die Glasfaser in der Architektur. In: *plasticconstruction* Heft 6 (1976), S. 213
- Compagno, A.: *Renzo Piano: Eine methodische Suche nach Kompetenz*. Institut für Hochbautechnik ETH Zürich, Bericht Nr. 16, 1991
- Coques en Plastique - Hotel a Charm el Cheikh. In: *technique & Architecture* Nr. 295 November (1973), S. 98-99
- Coques. In: *technique & Architecture* Serie 33 Heft 3 April (1971), S. 39
- Crippa, Maria Antonietta: *Gaudi der Mensch und das Werk*. Ostfildern (Ruit): Hatje Cantz Verlag, 2000
- Croft, Catherine: *Concrete Architecture*. London: Lawrence King Publishing Ltd., 2004
- Dahinden, Justus: Gründung einer neuen Stadt: Radio City. In: *Architektur & Wohnform* Heft 5 (1969), S. 231-234
- David, Paul Henri: Maisons Mobiles, Architecture Modulaire. In: *technique & Architecture* Nr. 99 (1973), S. 52-61
- David, R. M.: Aluminium im Ingenieurbau Großbritanniens. In: *Aluminium* Heft 2 (1962), S. 98-109
- Der "Wohnberg" am Luganer See. In: *Hobby...die Zukunft miterleben* Heft 24 (1968), S. I-IV

- Der Hessische Minister des Inneren: *Zulassungsbescheid für das Bausystem fg 2000 aus glasfaserverstärktem Polyesterharz*. Zulassungsnummer: VA2-64b08/33-111/73, Wiesbaden: 12. Oktober 1973
- Die BASF auf der Hannover-Messe 1970*. Ludwigshafen, 1970. - Firmenschrift, Presse-Information
- Die Wochenschau: Wer hat Angst vor Gelb, Braun, Grün?!. In: *Bauwelt* Heft 9 (1998), S. 392
- Dietrich, Gerhart: *Statische Berechnung für das fg 2000*. Mainz, nicht datiert
- Dietrich, Gerhart: *Statische Berechnung für eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Kunststoffhaus FG 2000*. Mainz, Oktober 1972, Nr. 71038
- Dietz, A.G.H.; Heger, F.J.; Chamber, R.E.: *On the Use of Plastics and other Composite Materials for Shell Roof Structures*. San Francisco: World Conference on Shell Structures, 1962
- Dietz, A.G.H.; Heger, F.J.; McGarry, F.J.; Whittier M.R.P.; Gigliotti, M.F. .u.a.: *Final Report – Engineering Analysis and Structural Design of the Monsanto House of the Future*. MIT Engineering Department and Monsanto Chemical Company, Plastics Division, 1957
- Dietz, A.G.H.; Heger, F.J.; McGarry, F.J.; Goody, M.; Whittier M.R.P.: Engineering the House of the Future – Part 1. In: *Modern Plastics* Juni (1957), S. 143
- Dietz, A.G.H.; Goody, M.; Heger, F.J.; McGarry, F.J.; Whittier, M.F.: Engineering the House of the Future – Part 2. In: *Modern Plastics* Juli (1957), S. 119
- Dietz, Albert G. H.: Baukonstruktionen aus Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Heft 5 (1967), S. 306-316
- Dietz, Albert G. H.: *Kunststoffe in tragenden Konstruktionen*. Internationales Symposium "Kunststoffe im Bauwesen", Rotterdam, 1970
- Dietz, Albert G. H.: *Plastics for Architects and Builders*. London: MIT Press, 1969
- Dietz, Albert G.H.: Better Buildings ... with Plastics. In: *Modern Plastics* Nummer 6 (1955), S. 85-90
- Diogenes mit Komfort. Ludwigshafen, 1970. – Firmenschrift, Presse-Information
- Dirla, Manfred: GF-UP-Kaltfassaden - Umkleidung. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1976), S. 93-94
- Dischinger, Franz: *Handbuch für Eisenbetonbau*. Band 6. 4. Aufl. Berlin: Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, 1928
- Dittmann, Günter: Hannover-Messe 70. In: *Architektur und Wohnform* Heft 6 (1970), S. 321
- dk: Livingbox – Prefabricated Living Unit. In: *Bauwelt* Heft 20 (2006), S. 18
- Doernach, Rudolf: *Bausysteme mit Kunststoffen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1974
- Doernach, Rudolf: Großbauteile für den Hausbau aus Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Band 50 Heft 6 (1960), S. 355-356
- Doernach, Rudolf: *ika '72 – 2. Internationale Kunststoff-Haus-Ausstellung der Welt*. Lüdenscheid: 1972, - Ausstellungskatalog
- Doernach, Rudolf: Über ökologisch und biologisch orientierte Bausysteme. In: *Der Architekt* Heft 6 (1973), S. A 232-A 235
- Döhl, Reinhard: *Hermann Finsterlin Eine Annäherung*. Stuttgart: Verlag Gerde Hatje, 1988
- Dollinger, Horst Peter: *Material Struktur Ornament*. München: Heinz Moos Verlag, 1966
- Domke, H., Rübben, A.: Allgemeines Berechnungsverfahren für tragende Kunststoffkonstruktionen aus GF-UP-Mattenlaminaten, In: *Bauingenieur* Heft 52 (1977), S. 205-210
- Domke, H.; Rübben, A.: *Kunststoffbau*. Wiesbaden und Berlin: Bauverlag, 1981
- Döring, Wolfgang: *Hochhausprojekt 1964*, - Archivmaterial
- Döring, Wolfgang: *Perspektiven einer Architektur*. Suhrkamp Verlag 1970
- Drei Kaufangebote für Kunststoffhäuser. In: *Kunststoff-Berater* Heft 9 (1969), S. 712
- Dreidimensionales Gestalten. In: *Bauen + Wohnen* Heft 8 (1969), S. 287
- Drexler, Arthur: *Transformationen in der modernen Architektur*. Düsseldorf: Beton-Verlag, 1984
- Dreyfuss, Henry: *Designing for people*. New York: Simon and Schuster, 1955
- Dubigeon-Normandie. In: *techniques et Architecture* Heft 4 (1971), S. 97
- DuChateau, Stephane : Die Kunststoffanwendung bei weitgespannten Überdachungen. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1972), S. 53-59

- DuChateau, Stephane: *Structures Saptiales*. Brüssel: Cahiers du Centre d'Etudes Architecturales, 1967
- Duflos, J.: Der Einsatz glasfaserverstärkter Kunststoffe in Frankreich. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1961), S. 783
- Dutler, F.U.: *Kunststoff-Wohnröhre - Leistungsverzeichnis*. aufgestellt in CH - 9000 St. Gallen
- Ehrenstein, Gottfried W.: *Faserverbund-Kunststoffe*. München: Carl Hanser Verlag, 1992
- Ein Phänomen? In: *Kunststoffe* Heft 12 (1976), S. 765
- Einsfeld, Ulrich: Beurteilung von Kunststoffen vom Standpunkt der Bauaufsicht. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1973), S. 17-19
- Ekchian, R.: Grundsätze für die Konstruktion von Gebirgsbiwaks aus Kunststoffen. In: *plasticconstruction* Heft 6 (1974), S. 299-301
- Elementierte Bauten in Nord-Kanada. In: *Baumeister* Heft 3 (1973), S. 330-332
- Empacher, Willy: *Der Bau von Kunststoff-Booten*. Bielefeld und Berlin: Verlag Delius, Klasing & Co, 1967, 2. Aufl.
- Empfangsgebäude des Flughafens von Dubai am Persischen Golf. In: *Detail* Heft 5 (1972), S. 969-972
- Engineering Equipment Users Association: *The use of plastics materials in building*. Constable London Press, 1973
- Erstes Kunststoff Röhrenhaus. In: *Bauen + Wohnen* Heft 9 (1969), S. 6
- Escales, E.: Kunststoffe im Bauwesen. In: *Kunststoffe* Heft 5 (1961), S. 289
- Exhibition: *Outside the pale: the architecture of Fay Jones*. Fayetteville: The University of Arkansas Press, 1999
- EXPO '70: *Structure space mankind Expo '70* ; 2. Osaka: Ed. Comm. of The Second Archit. Convention of Japan, 1970
- Faber, Colin: *Candela und seine Schalen*. München: Callwey Verlag, 1965
- Fasold, W.; Veres, E.: *Schallschutz + Raumakustik in der Praxis*. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1998, S. 269
- Feierbach, Wolfgang, Altenstadt/Hessen, 2004 - Archivmaterial
- Feierbach, Wolfgang: fg 2000 – Planung, Konstruktion, Herstellung. In: *plasticconstruction* Heft 5 (1973), S. 212-217.
- Feierbach, Wolfgang: Rastersystem für Kunststoffhäuser. In: *Bauwelt* Heft 2 (1974), S. 64-69
- Feierbach, Wolfgang: *Zulassung Bausystem fg2000*. Altenstadt: 1973, Presseinformation
- Feierbach, Wolfgang; Misske; M.: *Kunststoffhaus fg 2000*. fg design: 1970, Planungsmappe
- Fenichell, Stephen: *plastic - Unser synthetisches Jahrhundert*. Berlin: Verlag Rütten & Leoning, 1997
- Ferguson, Russel (Hrsg.): *Am Ende des Jahrhunderts – 100 Jahre gebaute Visionen*. Ostfildern (Ruit): Hatje Cantz Verlag, dt. Auflage 1999
- Ferienhotel in Sharm-E-Sheikh. In: *Baumeister* Heft 6 (1974), S. 650-651
- Fiche d'Inventaire. Tramelan, 2003, unv. Archivmaterial
- Firma König (Dietikon) (3. August 1971): Protokoll eines Diskussionsgesprächs
- Fischer, Wend: *Geborgenheit und Freiheit*. Krefeld: Scherpe Verlag, 1970
- Flinchum, Russel: *Henry Dreyfuss - Industrial Designer*. New York: Rizzoli Industrial Publications, 1997
- Flügge, Wilhelm: *Statik und Dynamik der Schalen*. 2. Aufl. Berlin: Springer Verlag, 1957
- FOMEKK: Archivmaterial
- FOMEKK: Diasammlung fg 2000. Weimar, 2001, - Archivmaterial
- FOMEKK: Exkursion Büro Casoni & Casoni, Basel, 2004, - Archivmaterial
- FOMEKK: Exkursion Firma Jalousien Gockl, Freiburg, 2004, - Archivmaterial
- FOMEKK: Exkursion Helsinki, 2004, - Archivmaterial
- FOMEKK: Exkursion Möbelmesse Köln 2004, - Archivmaterial
- FOMEKK: Exkursion Schweiz, 2002, - Archivmaterial
- FOMEKK: Exkursion, 2004, - Archivmaterial
- FOMEKK: Futuro Nr. 013, Berlin, 2004, - Archivmaterial
- FOMEKK: Lausanne 2005, - Archivmaterial
- Forster, Fritz: Grußworte zur Verabschiedung des IBK-Leiters Baurat Dipl.-Ing. Amtor Schwabe. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1977), S. 27

- Forum: Hallenkonstruktion aus GFK. In: *Bauen + Wohnen* Heft 9 (1971), S. 378
- Forum: Kiosk aus Kunststoffteilen. In: *Bauen + Wohnen* Heft 12 (1972), S. 528
- Forum: Kunststoffhaus aus Kuba. In: *Bauen + Wohnen* Heft 2 (1971), S. 38
- Forum: Raumzellen-Bausystem aus selbsttragenden Polyesterformteilen. In: *Bauen + Wohnen* Heft 9 (1972), S. 396
- Forum: Spielplastik "Lozziwurm". In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 134
- Forum: Tankstelle aus GFK-Schalen und GFK-Raumeinheiten. In: *Bauen + Wohnen* Heft 11 (1972), S. 484
- Franken, Bernhard: Real as Data. In: *A + U (Architecture and Urbanism)* Heft 385 (2006), S. 102
- Frenz, Reinhold: Ein Kunststoff-Haus im Bungalow-Stil. In: *Kunststoffe* Heft 6 (1960), S. 360-364
- Fürstenberg, Friedrich; Mayer, Klaus: *Wohnverhältnisse und moderne Lebensformen*. Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen, Wien: Im Selbstverlag, Heft 48, 1972
- Futuro – Maison de vacances en matériaux plastique. In: *l'architecture d'aujourd'hui* Heft 3 (1970), S. 95
- Gabriel, Otto: Kunststoffe im Bauwesen. In: *Kunststoffe* Heft 9 (1963), S. 642-646
- Galfetti, Gustau Gili: *Model Apartments*. Barcelona: Eigenverlag, 1997
- Garner, Philippe: *sixties design*. Köln: Taschen Verlag, 1996
- Gay, R.: Wohnen in Kunststoff: vorerst noch nicht. In: *Hobby* Heft 21 (1972), S. 50-55, 167
- Geiger, Annette; Hennecke, Stefanie; Kempf, Christin: *Spielarten des Organischen in Architektur, Design und Kunst*. Dietrich Reimer Verlag, 2005
- Genzel, Elke; Voigt, Pamela: *Kunststoffbauten – Teil 1: Die Pioniere*. Bauhaus-Universität Weimar: Universitätsverlag, 2005
- Geodesic Dome. In: *Modern Plastics* September (1954), S. 162
- Gerin-Lajoie, Guy: GFK für Bauten im hohen Norden. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1974), S. 58-61
- Gigliotti, Michael; Goody, Marvin; Heger, Frank; u.a.: Sandwichplatten aus Kunststoff. In: *Bauen + Wohnen* Heft 10 (1961), S. 384-391
- Girkmann, Karl: *Flächentragwerke*. 5. Aufl. Wien: Springer Verlag, 1959
- Girlich, Norbert: Re.: Mail an Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) 25.07.2005, 14:03 MEZ
- Goody, Marvin: Prototype d'école en matière plastique, Etat-Unis. In: *l'architecture d'aujourd'hui* Heft 2/3 (1961), S. 32-33
- Goody, Marvin; Heger, Frank, Gigliotti, Michael u.a.: Sandwichplatten aus Kunststoff für den Bau einer Volksschule. In: *Bauen + Wohnen* Heft 10 (1961), S. 384-391
- Götz, Lothar: Rationelle Verwendung von vorgefertigten Kunststoffbauteilen aus der Sicht des Architekten. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1976), S. 56-57
- Götze, Heinz: Kunststoffhäuser: Futuro-Freizeithaus. In: *Kunststoffe im Bau* Heft 14 (1969), S. 30
- Grohmann, Hans: *Das Holzhaus*. München: F. Buckmann KG., 1953
- Guiheux, Alain: *Kisbo Kurokawa – architecte Le Métabolisme 1960-1975*. Éditions du Centre Pompidou, Paris, 1997
- Guillot, Nicole; Jean Maneval. In: *l'architecture d'aujourd'hui* Heft 148 (1970), S. 56-59
- Hall, C. Michael; Müller, Dieter K.: *Tourism, Mobility and Second Homes*. Clevedon: Channel View Productions, 2004
- Hamich, Winfried: Kunststoffe und ihre Bewährung im Hochbau. In: *Der Architekt* Heft 6 (1973), S. A 236 – A 240
- Hampe, Erhard: *Rotationssymmetrische Flächentragwerke, Stabilität der Rotationsschalen*. Berlin (Ost): Verlag für Bauwesen, 1983
- Hansen, Hans Jürgen (Hrsg.): *Holzbaukunst*. Oldenburg/Hamburg: Gerhard Stalling Verlag, 1969
- Hansjürgen Saechtling; Schwabe, Amtor. In: *Kunststoffe im Bau* Heft 1 (1979), S. 40
- Hansch, Hugo: Bauteile aus GFK-Wellkern-Verbundelementen. In: *Kunststoffe* Heft 11 (1967), S. 865-867
- Haupt, Edgar: Standardisierte Kreativität. In: *db (deutsche Bauzeitung)* Heft 10 (1998) S. 118-123
- Hausakte Röhrenhaus*. Stadt Drosten, Stadtverwaltung, Bauordnungsamt, 1980

- Heid, G.; Seifert, T.: *Untersuchungen und Entwicklungen einer Montagebauart unter Verwendung von Kunststoffen und Kunststoffelementen – Teil 1: Vergleichende Untersuchungen*. im Auftrage des Bundesministeriums für Wohnungsbau unter Mitwirkung des Institutes für Bauforschung e.V., Hannover, 1959
- Heimann, Jim: *All American Ads of the 50's*. Köln: Taschen-Verlag, 2001
- Heinz Isler. Burgdorf, 2002, - Archivmaterial
- Hener, York: Das Superding zum Wohnen. In: *Hannoversche Presse* (1970-04-08)
- Hiersig, Thilo C.: *Die utopischen Architekturmodelle der 60er Jahre*. Aachen: Universität, Fachbereich Architektur, Diss., 1980
- Hintersdorf, G; Bernert, J.; Wende, A.: Praktische Dimensionierungsverfahren für tragende GFK-Bauteile. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1966), S. 847-854
- Hintersdorf, Gert. Berlin, 2005, - Archivmaterial
- Hintersdorf, Gert: *Stützstoffbauweise – Gestaltung und Dimensionierung*. Dresden: Institut für Leichtbau, 1965
- Hintersdorf, Gert: *Tragwerke aus Plaste*. Berlin (Ost): Verlag für Bauwesen, 1972
- Hintersdorf, Gert; Wende, A.: Hallen- und kuppelartige Flächentragwerke aus schalenförmigen und gekrümmten GFK-Fertigteilen. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1965), S. 899-902
- Hoffmann, Kurt; Gries, Helga: *Bauen mit Holz*. Stuttgart: Julius Hoffmann Verlag, 1966
- Holländischer Bungalow. In: *plasticconstruction* Heft 6 (1972), S. 286
- Home, Marko; Taanila, Mika: *Futuro – Tomorrow's House from Yesterday*. Helsinki: Desura Oy Ltd., 2002
- Hoppe, Peter: Baukonstruktionen unter Verwendung harter Schaumstoffe. In: *Kunststoffe* Heft 10 (1963), S. 766-777
- Hossdorf, Heinz. Madrid, 2004, - Archivmaterial
- Hossdorf, Heinz: *Das Erlebnis Ingenieur zu sein*. Basel: Birkhäuser Verlag, 2003
- Hossdorf, Heinz: Design construction and experience with post-tensioned polyester roof in the Swiss National Exhibition. In: *Plastics in Building Structures* Proceeding of a conference held in London, 1. Edition, London: Pergamon Press, 1966
- Hossdorf, Heinz: *Plastic Shell Structure for the Swiss National Exhibition in 1964*. World conference on Shell Structure, San Francisco: Oktober 1962
- Hossdorf, Heinz: *Projekt, statische und experimentelle Untersuchung für die Kunststoffkonstruktion des Hauptpavillons*. statische Berechnung des Ingenieurbüros H. Hossdorf Ingenieur SIA, Tellplatz 12, Basel, erstellt zu Händen der technischen Expertenkommission der EXPO 64 in Lausanne, 1963
- Hübner + Huster_ Coques en Carton Plastifié pour habitat de loisir. In: *technique & Architecture* Nr. 295 November (1973), S. 100-101
- Hübner und Huster-Häusermacher: Von Spielgeräten zu Bauten begrenzter Lebensdauer. In: *Architektur & Wohnform* Heft 1 (1971), S. 94-96
- Hübner und Huster-Häusermacher: Wellpappe-Kioskbauten für die Olympiade. In: *Architektur & Wohnwelt* Heft 1 (1972)
- Hübner, Peter. Neckartenzlingen 2003, - Archivmaterial
- Hubschraubertransport?. In: *Detail* Heft 6 (1969), S. 1253-1254
- Hufnagl, Florian (Hrsg.): *Plastics + Design*. - Ausstellungskatalog, Neue Sammlung, Staatl. Museum f. angew. Kunst, München. Stuttgart: ARNOLDSCHE, 1997
- Hütter, Ulrich: Hochbeanspruchte Leichtbauteile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Heft 6 (1970), S. 318-324
- Huybers, Pieter: See-through structuring : a method of construction for large span plastic roofs. Delft, Techn. Hogeschool, Diss., 1972
- IBK: Amtor Schwabe – 70 Jahre. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1977) S. 102-103
- I.C.P.-Meeting und internationales Symposium über Abdichtungen mit Kunststoffen im Ingenieur- und Wasserbau in Lüttich. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1977), S. 133-134

- IBK Baufachtagung 155: *Schallschutz Fakten-Drei Jahre Erfahrungen mit der DIN 41099*. Darmstadt, 11. u. 12. Nov. 1992, S. 6
- IBK Bibliothek: *Jahresbericht 4. Folge - Kunststoffe und Bauwirtschaft 1979/80*. Ludwigshafen, 2004, - Archivmaterial
- IBK Darmstadt: *Jahrbuch 2002 – Bauen mit Kunststoffen*. Berlin: Verlag Ernst & Sohn, 2001
- IBK Sammlung: *SL 7.70*. Ludwigshafen, 2004, - Archivmaterial
- IBK: Kunststoff-Überdachungen. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1972), S. 35-52
- IBK: Selbsttragende Dachelemente aus und mit Kunststoffen – GFK-Hutprofile. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1971), S. 259
- Ifert, Gérard: Pré-Magasin Prisunic. In: *Bauen + Wohnen* Heft 3 (1968), S. 4
- In: *Modern Plastics* April (1951), S. 87
- In: *Plastic Industrie* Oktober (1953), S. 27
- In: *Plastic Industries* Oktober (1953), S. 27
- In: *plastiques batiment* Nr. 119/120, Juillet/Aout (1968), S. 21
- In: *plastiques batiment* Nr. 122 Octobre (1968), S. 14
- Institut für Baukunst, Bauaufnahmen und Architekturtheorie der TU Wien (Hrsg.): *Andere Räume – Andere Zeiten*. Wien-Graz, 2002
- Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg.): *Kunststoffhäuser und Raumzellen*. Darmstadt: IBK-Verlag, 1973
- Isler, Heinz: Elegante Modelle. In: *db (deutsche bauzeitung)* Heft 7 (1990), S. 62-67
- Isler, Heinz: *Geschichte und Entwicklung der Schalenkonstruktionen – I. Internationales Symposium des SFB 230. Natürliche Konstruktionen – Mitteilungen des SFB* Heft 3, September, 1988
- Isler, Heinz: *Kunststoffe für tragende Bauteile - Vortrag SIA Fachgruppe, Burgdorf : 1975, - Schriftenreihe*
- Isler, Heinz: *Moderner Schalenbau*. Rudolf Müller Sonderdruck aus Arcus Heft 18 (1992)
- Isler, Heinz: *Newer Structures in Plastic Materials*. Burgdorf: 1984, unv. Archivmaterial
- Isler, Heinz: *Statische Berechnung für Kunststoff-Röhrenhaus*. mit Prüfstempel und Prüfbericht Nr. 1 von Zerna, E.h.W., Bochum, 24.07.1981, Prüfnummer 1435 Prüfverzeichnis 1981, Burgdorf: März 1970
- Isler, Heinz: Tragende Bauteile aus Kunststoff: Anwendungsbeispiele. In: *Schweizer Bauzeitung* Sonderdruck Heft 3 (1977), S. 1-8
- Jackson, Lesley: *‘Contemporary’: Architecture and Interiors of the 1950s*. London: Phaidon Press, 2001 (1994)
- Jackson, Lesley: *the sixties*. London: Phaidon Press, 2000
- Jelínek, Frantisek: 8 Jahre Erfahrung mit einem Antennenschutz aus Glasfaserkunststoffen in der ČSSR. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1977), S. 1-6
- Joedicke, Jürgen: *Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts*. 3. Aufl. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1998
- Joedicke, Jürgen: *Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts*. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1990
- Joedicke, Jürgen: *Für eine lebendige Baukunst*. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1965
- Joedicke, Jürgen: *Moderne Architektur – Strömungen und Tendenzen*. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1969
- Joedicke, Jürgen: *Schalenbau : Konstruktion und Gestaltung*. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1962
- Joly, Pierre: Habitations préfabriquées en matières Plastiques en France. In: *L’architecture d’aujourd’hui* Nr 117 Januar (1965), LII
- Jousse-Entreprise Galerie. Paris, 2004, - Archivmaterial
- Jundt, Roland Th.: Die Kunststoff-Fassade der Autobahnraststätte Pratteln. In: *Kunststoffe im Bau* Heft 3 (1979), S. 110-112
- K.D.: Ein Kunststoff-Kugelhaus. In: *Kunststoffe* Heft 6 (1960), S. 359
- Kasiske, Michael: Von Helsinki zum Plänterwald. In: *Bauwelt* Heft 46 (2003), S. 28-31
- Katholisches Pfarramt Fellbach (Hrsg.): *Kirche Maria Regina*. Fellbach, 2003
- Katz, Sylvia: *Classic Plastics: from bakelite to high-tech*. London: Thames and Hudson, 1984

- Keller, Thomas: Hochbaustrukturen mit neuen Materialien. In: *Schweizer Ingenieur und Architekt* Heft 26, Juni (2000)
- Kestler, Julian: Facing the housing challenge. In: *Modern Plastics* Heft Mai (1969), S. 63-66
- Kind-Barkauskas, Friedbert: *Beton-Atlas: Entwerfen mit Stahlbeton im Hochbau*. Köln: Verlag Müller, 1995
- Kirby, David.: "Vanessa Redgrave" Nursery School. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1974), S. 75-76
- Kirby, David: Plastics: Technical Prospects and architectural imagery. In: *Architectural Review* May Nr. 8/9 (1965), S. 396-398
- Kissel, J. Randolph; Ferry, Robert L.: *Aluminium Structures*. New York: Wiley, 1995
- Klößner, Karl: *Der Blockbau*. München: Callwey Verlag, 1982
- Klöppel, K.; Jungbluth, O.: Beitrag zum Durchschlagproblem dünnwandiger Kugelschalen. In: *Stahlbau* Heft 6 (1953), S. 121-130
- Klotz, Heinrich (Hrsg.): *Haus-Rucker-Co 1967 bis 1983*. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, 1984
- Klotz, Heinrich: *Architektur*. Edition ZKM, Stuttgart: Verlag Gerd Hatje, 1996
- Klotz, Heinrich: *Vision der Moderne*. München: Prestel Verlag, 1986
- Knaack, Ulrich: *Konstruktiver Glasbau*. Dissertation. Köln: Verlag Müller, 1998
- Knappke, Gerhardt: Tragende Bauteile aus Kunststoffen. In: *Der Architekt* Heft 6 (1973), S. A 242 – 248
- Knappke, Gerhardt; Pfaff, Karl-Heinz: *Sanitärzellen*. Wiesbaden [u.a.]: Bauverlag 1975, S. 195
- Knitz, Andreas. Berg b. Ravensburg, 2004, - Archivmaterial
- Koser, Jaroslav: *Konstruieren mit Aluminium*. Düsseldorf: Alu-Verlag, 1990
- Krasny, Elke; Rapp, Christian: Die Flucht nach vorne. In: *Architektur aktuell* Heft 201 (1997), S. 82-91
- Krausse, Joachim; Lichtenstein, Claude: *Your Private Sky – R. Buckminster Fuller*. Baden: Lars Müller Verlag, 1999
- Krieger, Hans: Haus der Zukunft steht auf Stelzen. In: *Rheinische Post* : (1970-05-12)
- Krochmal, G.: Kunststoffe am Bau, Entwicklung und Stand der Verwendung. In: *Der Architekt* Heft 9 (1971), S. A 442-A 452
- Kuhlmann, Dörte: *Lebendige Architektur*. Weimar: Universitätsverlag, 1998
- Kühr, Hans W.: Leistungs- und Kosten-Vergleich für Glasfaser/Kunststoffe. In: *Kunststoffe* Heft 11 (1964), S. 701-710
- Kulturpark Berlin, 1. Bauabschnitt – Vergnügungspark. In: *Deutsche Architektur* Heft 9 (1970), S. 525-529
- Kunststoffbaus fg 2000*. Schriftenreihe "Bau- und Wohnforschung" des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau Bonn – Nr. 04.001, Bad Godesberg, 1973
- Kunststoff-Überdachungen. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1972), S. 44
- Künzel, H.: Müssen Wände und Decken absorptionsfähig für Wasserdampf sein? In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 2 (1972), S. 93-96
- Kupfer, Herbert: Die Betonschalen von Franz Dischinger und Ulrich Finsterwalder. In: *Beiträge zur Geschichte des Bauingenieurwesens* Heft 7 - Schalen, München: Technische Universität, 1990
- Kurokawa, Kisho: plastic architecture. Mail an Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) 02.05.2005, 12:03 JST
- Ladyjensky: Vorgefertigte GUP-Tankstellen. In: *plasticconstruction* Heft 4 (1972), S. 187
- Lammert, Ule (Hrsg.): *Spieleanlagen für Kinder und Jugendliche*. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1979
- Langlie, Carsten : fg 2000 – Planung, Konstruktion und Berechnung. In: *plasticconstruction* Heft 5 (1973), S. 221-224
- Langlie, Carsten: "Fliegende Bauten" aus GF-UP. In: *Kunststoffe im Bau* Heft 3 (1983), S. 101-102
- Langlie, Carsten: „Gemini“ – Konstruktion und Berechnung. In: *plasticconstruction* Heft 4 (1976), S. 125-130
- Langlie, Carsten: Bauen mit Kunststoffen gestern – heute – morgen, eine kritische Betrachtung. In: *IBK Seminar Handbuch* Darmstadt, 14. Oktober 1986
- Langlie, Carsten: Die Brauchbarkeit von GF-UP-Konstruktionen unter Dauerbelastung erläutert am Beispiel "fg 2000". In: *Kunststoffe im Bau* Heft 4 (1978), S. 145-148

- Langlie, Carsten: GFK-Sandwichelemente mit neuem Kernmaterial. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1972), S. 790-798
- Langlie, Carsten: *Statische Berechnung für "fg 2000"*. Berlin, Februar 1973, mit Prüfstempel von Dietrich, Gerhart, Mainz, 16.3.1973, Prüfnummer 909.73.638, Rheinland-Pfalz
- Law, Graham: Schiff - Eisenbahn - Abfertigungsgebäude - Passagierüberführung in Adrossan (Schottland). In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 156-157
- Lefteri, Chris: *Kunststoff*. av-edition, 2002
- Lepik, Andres (Hrsg.): *Renzo Piano – Architekturen des Lebens*. Ostfildern-Ruit: Hatje Cantz, 2000
- Letzte Seite: fg 2000. In: *Baumwelt* Heft 49 (1969), S. 1796
- Licata, Gaetano: *Transformabilität Moderner Architektur*. Kassel: kassel university press GmbH, 2005
- Liechtenstein, Claude; Engler, Franz: *Stromlinienform*. Ausstellungskatalog Museum für Gestaltung Zürich: Verlag Lars Müller, 1992
- Limargas, Marc Casas; Massó, Joan Bergós: *Gaudí und sein Werk*. Ostfildern: Hatje Cantz, 2000
- Lippsmeier, Georg: Deutsche Industrieausstellung Sao Paulo 1971. In *plasticconstruction* Heft 5 (1971), S. 209-213
- Loewy, Raymond: Shell-Tankstellenausrüstung. In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 148-149
- Lopez, R.: murs translucides en polyester stratifié. In: *technique & Architecture* Nr. 6 Heft Januar (1958), S. 96
- Lorenz, Werner: *Konstruktion als Kunstwerk – Bauen mit Eisen in Berlin und Potsdam 1797-1850*. Berlin: Gebrüder Mann Verlag, 1995
- Ludwig, Matthias: ... in die Jahre gekommen, ein Wohnhaus aus Kunststoff. In: *db (deutsche bauzeitung)* Heft 7 (1998), S. 76-80
- Ludwig, Matthias: *Mobile Architektur*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1998
- maison préfabriquée. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr. 124 (1966), S. 98-101
- Makowski, Z.S.: l'emploi des matières plastiques comme éléments structuraux dans le bâtiment. In: *Plastiques Batiment* Heft 119/120 (1968), S. 11-22
- Makowski, Z.S.: le centre de recherches sur les éléments de structure en plastiques à l'université du surrey. In: *Plastiques Batiment* Heft 121 September (1968), S. 12-24
- Makowski, Z.S.: les applications structurales des plastiques dans l'industrie du bâtiment. In: *Plastiques Batiment* Heft 122 Oktober (1968), S. 8-17
- Makowski, Z.S.: les structures en plastiques de renzo piano. In: *Plastiques Batiment* Heft 126 Februar (1969), S. 10-17
- Makowski, Z.S.: Methods of Building Self Supporting Plastics Structures. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1971), S. 58-61
- Makowski, Z.S.: structures en coquilles plastiques pour toitures. In: *Plastiques Batiment* Heft 125 Januar (1969), S. 13-19
- Makowski, Z.S.: Strukturen aus Kunststoff von Renzo Piano. In: *Bauen + Wohnen* Heft 1-6 (1970), S. 113-119
- Makowski, Z.S.: The Structural Applications of Plastics. In: *Plastics in Building Tomorrow Symposium*, Kopenhagen, 1972
- Makowski, Z.S.: Tragwerke aus Kunststoffen. In: *Bauen + Wohnen* Heft 6 (1969), S. 222-227
- Maneval, Jean: batiplastique. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Heft 137 (1967), S. 90
- Margolius, Ivan: *Architects + Engineers = Structures*. Chichester: Wiley-Academy Press, 2002
- Marten, J.: Der ISV-Kunststoffstall. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1973), S. 74-75
- Marquart, Christian: Oben geht es um die Marke, Unten um die Wurst. In: *Baumwelt* Heft 17 (2006), S. 14-25
- McHale, John: Les Structures de Buckminster Fuller. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Heft 1 (1961/62), S. 50-55
- Meier, Urs: *Grundlagen zum Bemessen von Kunststoffbauteilen*. ETH-Vorlesung 39-605, Ausgabe: SS 1995
- Meikle, Jeffrey L.: *American Plastic – A Cultural History*. New Brunswick und New Jersey: Rutgers University Press, 1995, Bildrechte: S. 43 General Electric Plastics Division, S. 45 Monsanto Chemical Company

- Menges, G.; Brintrup, H.: Probleme und Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet der tragenden Kunststoffe. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1977), S. 12-17
- Meyer-Bohe, Walter: das Einfamilienhaus im Zeitalter der Vorfertigung. In: *Architektur & Wohnform* Heft 4 (1966), S. 299-302
- Mobile Leichtbaueinheiten – System Casanova. In: *Bauen + Wohnen* Heft 3 (1973), S. 109-112
- Moderne Kuppel in einer alten Stadt. In: *Kunststoffe im Bau* Heft 1 (1979), S. IV
- Modules ou Mobiles de base à EUROPLASTIQUE 74. In: *V. T. P. R.* Heft Nr. 7, Juli-August-Sept. 1974, S. 25
- Moholy-Nagy, László: *Von Material zu Architektur*. Mainz: Kupferberg, 1968 = 1929
- Monnier, G.; Klein, R.: *les années ZUP*. Paris: Éditions A. et J. Picard, 2002
- Monsanto – Home of the Future. State Film Productions, Inc.: Werbefilm, USA, 1957
- Monsanto Chemical Company: *Monsanto Magazin*, March (1968), IBK Bibliothek, Sammlung SL 1121
- Ludwigshafen, 2004, - Archivmaterial
- Monsanto-Haus. In: *Bauen + Wohnen* Heft 7 (1959), S. 240-242
- Moor Lido. In: *Architectural Review* Nr. 857 Juli (1968), S. 68
- Moosbrugger, Bernhard; Weigner, Gladys: *Das Erlebnis der Expo*. Olten: Walter-Verlag AG, 1964
- Mühlestein, Erwin: Die Revolution blieb aus. In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 137
- Nagel, S; Linke, S.: *Offene Wohnformen*. DBZ-Baufachbücher 1 Gütersloh: Bertelsmann Fachverlag, 1976
- Nerdinger, Winfried: *Konstruktion und Raum in der Architektur des 20. Jahrhunderts*. München: Prestel Verlag, 2002
- Neuartiges Leichtkernmaterial für GFK. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1975), S. 74
- Neue Anwendungsmöglichkeiten für Kunststoffe im Bausektor. In: *Kunststoffe* Heft 5 (1961), S. 290
- New Developments. In: *Modern Plastics* Heft März (1961), S. 147
- New Jobs for sprayed-on Plastics. In: *Modern Plastics* Oktober (1953), S. 93-98
- Nicoletti, Menfredi: Flash Gordon and the Twentieth Century Utopia. In: *Architectural Review* Nr. 834 August (1966), S. 87-91
- Norwegen führend in GFK-Konstruktionen. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1976), S. 97
- Oltmanns, Hans P.: Die Beziehungen zwischen Architekten, Ingenieuren und der Kunststoff-Industrie. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1973), S. 45
- Otto, Frei: Fragen an den Konstrukteur - 42. Bundestag des BDA. In: *Der Architekt* Heft 8 (1967), S. 371-375
- Outside the Pale*. Fayetteville: The University of Arkansas Press, 1999
- PAC-A-VAC. In: *Architectural Review* Heft 857 Juli (1968), S. 68
- Patzelt, Otto: Expo '70-Nachlese: Show oder Blick in die Zukunft? In: *Deutsche Architektur* Heft 12 (1970) S. 740-751
- pavillon à la XI. Triennale de Milan. In: *techniques & Architecture* Heft 1 Dezember (1959), S. 114
- pc information: PLAST '76 in Mailand brachte wenig für den Bau. In: *plasticconstruction* Heft 6 (1976), S. 232
- pc spectrum: GF-UP-Caravans für Dauergebrauch in arktischem Klima. In: *plasticconstruction* Heft 5 (1975), S. 216
- pc spektrum: Bürohaus mit GFK-Fassade in Holland. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1977), S. 123
- pc spektrum: Sogar Leuchttürme aus GF-UP. In: *plasticconstruction* Heft 3 (1977), S. 123
- Pea, Cesare: Cellule préfabriquée en matière plastique. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Heft Nr. 78 Juni (1958), S. 86, 87
- Pehnt, Wolfgang: *Neue deutsche Architektur 3*. Stuttgart: Verlag Gerd Hatje, 1970
- Pflüger, Alf: *Elementare Schalenstatik*. 2. Aufl. Berlin: Springer Verlag, 1957
- Piano, Renzo: *Mein Architekturlogbuch*. Ostfildern-Ruit: Hatje-Canz, 1997
- plaques raidies. In: *technique & Architecture* Nr. 6, Januar (1958), S. 96
- Plasticope 3: All-plastic house that 'looks like a house' goes into mass production. In: *Modern Plastics* Heft Juni (1973), S. 104

- Plastics: technical prospects and architectural imagery. In: *Architectural Review* Heft 8/9 (1965), S. 394
- Polónyi, Stefan: *Schalen in Beton und Kunststoff*. Wiesbaden und Berlin: Bauverlag, 1970
- Polónyi, Stefan: Tragkonstruktionen aus Kunststoffen. In: *Kunststoffe im Bau* Heft 14 (1969), S. 21-60
- Polónyi, Stefan; Metz, K.: Flächetragwerke aus Glasfaser-Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1968), S. 863-866
- Polónyi, Stefan; Walochnik, W.: *Architektur und Tragwerk*. Berlin: Ernst und Sohn, 2003
- Powell, David: Streifzüge durch den europäischen Kunststoffbaumarkt. In: *plasticconstruction* Heft 4 (1975), S. 161
- Probleme und Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet der tragenden Kunststoffe. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1977), S. 17
- Produktbau: Mobile Leichtbau-Raumeinheiten. In: *Bauen und Wohnen* Heft 3 (1973), S. 109-112
- projets et réalisations. In: *technique & Architecture* 20. Serie, Nr. 1 Dezember (1959), S. 90-115
- Prospekt Staudenmayer. Peter Hübner, 2004, - Archivmaterial
- Prospekt. In: *Bauen + Wohnen* Heft 9 (1969), S. 6
- Prototypschau "Architektur als Konsumgut". In: *Detail* Heft 5 (1970), S. 975
- Puck, Alfred: Dimensionierung tragender Leichtbaukonstruktionen aus Glasfaser-Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Heft 3 (1963), S. 150-157
- Puck, Alfred: Zum Deformationsverhalten und Bruchmechanismus von unidirektionalem und orthogonalem Glasfaser/Kunststoff. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1965), S. 913-922
- Quarmby, Arthur: AW - PLASTICS STRUCTURES. Mail an Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) 14.03.2005, 13:24 WET
- Quarmby, Arthur: *The Plastics Architect*. London: Pall Mall Press, 1974
- R&G-Katalog - Handbuch Faserverbundwerkstoffe. 2000/2001
- R.F.A. "Maison tube" B.A.S.F. In: *techniques & Architecture* Heft 4 (1971), S. 36
- Ragon, Michel: *Ästhetik der zeitgenössischen Architektur*. Neuchâtel: Editions du Griffon, 1968
- Ragon, Michel: *Die großen Irrtümer – Vom Elend der Städte*. München: Callwey Verlag, 1972
- Ragon, Michel: *Wo leben wir morgen? – Die Stadt der Zukunft*. München: Callwey Verlag, 1963
- Raumzelle 2002. In: *plasticconstruction* Heft 5 (1971), S. 234-235
- Rehn, Marion: Urlaub Ukraine. Krim 2004, - Archivmaterial
- Reichl, Karl J.: Großflächige GUP-Teile -Verarbeitungstechnik-. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1973), S. 9-12
- Remmele, Mathias: '68 – Design und Alltagskultur zwischen Konsum und Konflikt. Kunstmuseum Düsseldorf, Köln: DuMont, 1998
- reportages: oui à l'architecture pour le plus grand nombre: les recherches de Chanéac et l'industrialisation du bâtiment. In: *Plastiques Bâtiment* Nr. 118 Heft 6 (1968), S. 17-19
- Rondo - Selbsttragende Schale und innenliegende Tragkonstruktion – Statik. Statische Berechnung des Büro Dr. Walther & Mori für die CSB Constructa System_Bau AG, Wettersteinallee 141, CH- 4058 Basel vom Dez. 1971
- Rüdenauer, A.C., Frenz, R.: *Kunststoffe in der Hand des Architekten*. Stuttgart: Verlag Berliner Union, 1962
- Rühle, Herrmann: *Räumliche Dachtragwerke, Konstruktion und Ausführung – Band 2 Stahl Plaste*. Berlin (Ost): Verlag für Bauwesen, 1970
- Rundschau: Freitragendes Gewächshaus aus vorgefertigten glasfaserverstärkten Polyester-Elementen. In: *Kunststoffe* Heft 2 (1964), S. 128
- Rundschau: Konstruktives Versteifen von Bauteilen aus verstärkten Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Bd. 52 Heft 12 (1962), S. 776
- Rundschau: Verkaufs-Kiosk aus verstärktem Kunststoff. In: *Kunststoffe* Bd. 54 Heft 9 (1964), S. 604-605
- Sack, Manfred; Rautert, Timm: *einfache Paradiese – Holzhäuser von heute*. Stuttgart : Deutsche Verlags-Anstalt, 1985
- Saechtling, Hansjürgen: Bauen mit Kunststoffen in den USA In: *Kunststoffe* Heft 3 (1966), S. 183
- Saechtling, Hansjürgen: *Bauen mit Kunststoffen*. München: Carl Hanser Verlag, 1973

- Saechtling, Hansjürgen: Das Haus aus Kunststoff – ein Traumhaus von morgen? In: *Kunststoffe* Band 47 Heft 1 (1957), S. 19-22
- Saechtling, Hansjürgen: Italienisches Rundhaus von 7,5 m Dmr.. In: *Kunststoffe* Heft 2 (1961), S. 110
- Saechtling, Hansjürgen: Neuere Verfahren zur wirtschaftlichen Serienfertigung von GFK-Bauelementen. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1975), S. 53-58, 74
- Saechtling, Hansjürgen: Olivetti Training Centre, Haslemere, Surrey. In: *plasticconstruction* Heft 4 (1974), S. 218-220
- Saechtling, Hansjürgen; Schwabe, Amtor: *Bauen mit Kunststoffen*. Berlin: Ullstein Verlag, 1959
- Saechtling, Irene: Kunststoffe im Bauwesen. In: *Kunststoffe* Heft 6 (1954), S. 241-242
- Sawada, Seija: Ein japanisches Raumzellenhaus. In: *plasticconstruction* Heft 5 (1974), S. 254-255
- Sawada, Seija: Ein japanisches Raumzellenhaus. In: *plasticconstruction* Heft 5 (1974), S. 254-255
- Sawada: Kunststoffhäuser in Japan. In: *plasticconstruction* Heft 6 (1971), S. 282
- Schäfer, Werner; Schleper, Thomas; Tauch, Max: *Aluminium – Das Metall der Moderne*. Köln: Kölnisches Stadtmuseum, 1991
- Scheichenbauer, Mario: Kunststoff, Bauwesen und Design: In: *plasticconstruction* Heft 1 (1974), S. 1-7
- Schein, Ionel: Aspekte eines neuen Kunststoffs. In: *Bauen + Wohnen* Heft 7 (1959), S. 232
- Schein, Ionel: Ganz-Plastik-Haus auf der Ausstellung Arts Ménagers 1956 in Paris. In: *Bauen + Wohnen* Heft 2 (1957), S. 57-59
- Schein, Ionel: Mobile Hotelkabine. In: *Bauen + Wohnen* Heft 2 (1957), S. 60
- Schein, Ionel: recherches. In: *techniques & Architecture* Heft 6 Januar 1958, S. 70
- Schirmer, W. (Hrsg.): *Technischer Lärmschutz*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1996, S. 161
- Schirren, Matthias: *Hugo Häring*. Ostfildern-Ruit: Hatja Cantz Verlag, 2001
- Schlaich, Jörg, Heinle, Erwin: *Kuppeln aller Zeiten, aller Kulturen*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1996
- Schleede, Dietrich: Dynamik und Variabilität – Vom Rohstoff für Konsumwaren zum Werkstoff für die Technik. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1974), S. 51-54
- Schmid, Dieter: maison préfabriquée. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Heft 124 (1966), S. 98-101
- Schmid, Dieter: über dieses haus. In: *db (deutsche bauzeitung)* Heft 4 (1965), S. 259-264
- Schneede, Uwe M.: *Hermann Finsterlin: Sammlung Cremer*. Ostfildern-Ruit: Verlag Gerd Hatje, 1995
- Schneider-Esleben, Paul: *Entwürfe und Bauten / Paul Schneider-Esleben*. Ostfildern-Ruit: Gerd Hatje, 1996
- Schon morgen wohnen wir im Plastikhaus. In: *Stern Journal* Nr. 30, 19. Juli 1970, S. 90-91
- Schrage, I.; Pfeifer, H.: Zum Einsatz von Kunststoffen in tragenden und raumabschließenden großflächigen Bauteilen. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1975), S. 16-21
- Schulerweiterungsbau in Selbsthilfe. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1972), S. 25
- Schulitz, Helmut C.; Sobock, Werner; Habermann, Karl J.: *Stahlbau-Atlas*. Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH, München, 1999
- Schulte, Karin (Hrsg.): *Fliegende Bauten*. Stuttgart: av-edition, 1997
- Schunk, Eberhard: Ingenieurporträt Heinz Isler - Bauingenieur und bildender Künstler. In: *db (deutsche bauzeitung)* Heft 4 (2003), S. 90-95
- Schunk, Eberhard; Ramm, Ekkehard (Hrsg.): *Heinz Isler – Schalen*. 3., erg. Aufl. - Zürich: vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH, 2002
- Schwabe, Amtor: 15 Jahre Institut für das Bauen mit Kunststoffen. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1973), S. 44
- Schwabe, Amtor: Brüssel baute mit Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Band 48 Heft 7 (1958), S. 327
- Schwabe, Amtor: *Entwicklungsstand und Kriterien der Tragkonstruktionen aus Kunststoffen*. Internationales Symposium "plastics in building – a challenge", Rotterdam, 1974
- Schwabe, Amtor: Freitragende Konstruktionen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen. In: *Kunststoffe* Band 58 Heft 12 (1968), S. 867-871
- Schwabe, Amtor: Großflächige GUP-Teile im Bauwesen. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1973), S. 14-16

- Schwabe, Amtor: Großformatige Dach- und Wandbauteile aus GF-UP in England. In: *plasticconstruction* Heft 6 (1974), S. 314, 315
- Schwabe, Amtor: Hansjürgen Saechtling⁷⁵. In: *Kunststoffe im Bau* Heft 1 (1979), S. 40
- Schwabe, Amtor: IKA '71: Internationale Kunststoffhaus-Ausstellung in Lüdenscheid. In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 6 (1971), S. 306-311
- Schwabe, Amtor: Kleines ABC zum Bauen mit Kunststoffen. In: *Bau-Markt* Nummer 42, Oktober (1959), S. 1603–1610
- Schwabe, Amtor: Kunststoffe auf der Brüsseler Weltausstellung. In: *Architekt + Ingenieur* Heft Mai (1958), S. V/119-V123
- Schwabe, Amtor: Kunststoffe dängen in das Gebiet der Konstruktion vor. In: *Deutsches Architektenblatt* (DAB) 7 (1970), S. 260
- Schwabe, Amtor: Kunststoffe im Bauwesen - Fortschritte und Probleme. In: *Der Architekt* Heft 10 (1967), S. A 608-A 615
- Schwabe, Amtor: Kunststoffe in der Bauflaute. In: *prodoc* Heft 5 (1975), S. 161
- Schwabe, Amtor: Kunststoffe und Fertigbau. In: *Fertigbau Kunststoffe* Heft 2 (1969) S. 32-34
- Schwabe, Amtor: Kunststoffhäuser zu verkaufen. In: *Kunststoffe – Plastics* Heft 9 (1969), S. 342-344
- Schwabe, Amtor: kurz notiert. In: *plasticconstruction* Heft 6 (1972)
- Schwabe, Amtor: Möglichkeiten und Grenzen von Baukonstruktionen mit Kunststoffen. In: *Detail* Heft 1 (1971), S. 5
- Schwabe, Amtor: Was fängt der Architekt mit den Kunststoffen an? In: *Baukunst und Werkform* Heft 5 (1953) S. 242-249
- Schwabe, Amtor: Wie lassen sich die Hemmschuhe für GFK im Bauwesen beseitigen? In: *plasticconstruction* Heft 3 (1977), S. 97-102
- Schwarz, Otto: *Glasfaserverstärkte Kunststoffe*. Würzburg: Vogel Verlag, Kamprath Reihe, 1975
- Sebestyén, Gyula: *Leichtbauweise*. Budapest: Akademiai Kiado, 1978
- Semler, Rudolph; Erb, Hans Franz: *Beton: Fundamente Formen Figuren*. Düsseldorf: Betonverlag, 1960
- Seraphin, Mathias: *Zur Entstehung des Ingenieurholzbaus: eine Entwicklungsgeschichte*. Dissertation an Technischen Universität München 2001, Aachen: Shaker Verlag, 2003
- Serienfertigung modularer GF-UP-Sandwich-Mobilbauten in Singapore. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1977), S. 22
- Sewada, Seiji: Die japanische Wohnkapsel "My My" (Mai Mai) = Schneckenhaus. In: *plasticconstruction* Heft 2 (1977), S. 49-51
- Siegel, Curt: *Strukturformen der Modernen Architektur*. München: Verlag Georg D.W. Callwey, 1960
- Skeist, Irving: *Plastics in Building*. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1966
- Sobek, Werner: Pneu und Schale. In: *db (deutsche bauzeitung)* Heft 7 (1990), S. 66-74
- Sonneborn, Ralph H.: *Fiberglas Reinforced Plastics*. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1954
- Soziologie im Städtebau: *Fragestellungen und Materialien*. Studienheft 14, Städtebauinstitut Nürnberg, 1966
- Spaß auf dem Spielplatz. In: *Architektur und Wohnwelt* Heft 6 (1974), S. 418
- Spielplatzgerät. In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 135
- Stattmann, Nicola: *Handbuch Material Technologie*. Ludwigsburg: av-edition, 2000
- Steinberg, Elisabeth: Der verplante Tourist - Nach einer Untersuchung des Instituts für Kommunale Entwicklungsplanung B. In: *Baumeister* Heft 8 (1970), S. 933–937
- Strebel, Ottmar: *100 schöne Fertighäuser*. Schmiden b. Stuttgart: Fachschriften-Verlag, 1968
- Streuli, Hans: Der Expo zum Geleit. In: *Neue Zürcher Zeitung*: (1964-04-23)
- Structures en coquilles plastiques pour toitures. In: *plastiques batiment* Nr. 125, Januar (1969), S. 16-18
- Structures. San Francisco: World Conference on Shell Structures, 1962, S. 140-141
- Süd-Afrika: Modulare GF-UP-Häuser aus Süd-Afrika. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1974), S. 19
- Suuronen, Matti: "Venturo" – Kunststoffhaus. In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 142-143

- Suuronen, Matti: *Ansio – Ja Työluettelo*. Espoo, 1983. - Firmenschrift
- Suuronen, Matti: Espoo, 2004, - Archivmaterial
- System DO. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr. 160 Heft Februar, März (1972), S. 98
- Technik spezial: Mercedes-Benz Museum. In: *deutsche bauzeitung db* Heft 4 (2006), S. 80-93
- Tetrodon. In: *L'architecture d'aujourd'hui* Nr. 162 Juni, Juli (1972), S. 74-77
- The BIGGEST Thing in Plastics. In: *Modern Plastics* Oktober (1955), S. 98-99, 222
- These all-plastic houses are for real. In: *Modern Plastics* Heft August (1970), S. 64-66
- Threese-bedroom house for \$10,000. In: *Modern Plastics* Heft Oktober (1965), S. 99ff
- Timoshenko, S., Gere, J.: *Theory of Elastic Stability*. 2. Aufl. New York: McGraw-Hill, 1961
- Timoshenko, S., Woinowsky-Krieger, S.: *Theory of Plates and Shells*. 1. Aufl. New York: McGraw-Hill, 1959
- Tomlow, Jos: *Das Modell*. Stuttgart: IL34 Institut für leichte Flächentragwerke, 1989
- Tomorrow's Barn. In: *Modern Plastics* Nummer 6 (1955), S. 92-93
- Topham, Sean: *Where is my Space Age?* München: Prestel, 2003
- Touristenkabinen Guisco. In: *Architektur & Wohnform* Heft 8 November (1969), S. 436
- Tschernichow, Jakow: *Konstruktion der Architektur und Maschinenformen*. Basel: Birkhäuser Verlag, 1991 = 1931
- Tupamäki, P.A. (Hrsg.): *Wood, ferrocement and plastics in shells and spatial structures*. Oulu: Universitätsverlag 1980
- Überblick: Probewohnen in einer „Stadt aus Kunststoff“. In: *Bauwelt* Heft 4 (1971), S. 588
- Überblick: Zum Mond. In: *Bauwelt* Heft 8 (1969), S. 1034
- Umschau aus Schrifttum und Technik. In: *Kunststoffe* Heft 2 (1954), S. 66
- Umschau. In: *Bauwelt* Heft 31 August (1971) S. 1283
- Umschau: Arbeitskreis „Bauen mit Kunststoffen“. In: *Kunststoffe* Heft 10 (1957), S. 611
- une réalisation promise á un bel avenir: le marché couvert d'argenteuil. In: *Plastiques Batiment* Heft 110 Oktober (1967), S. 16-17
- une reconversion réussie. In: *Plastiques Batiment* Heft 10 (1967), S. 20
- Union-Carports. In: *Der Architekt* 23. Jg. Heft 4 (1974), S. A 240
- Van der Ree, Pieter: *Organische Architektur*. Stuttgart: Verlag freies Geistesleben, 2001
- Venturo – Kunststoffhaus. In: *Bauen + Wohnen* Heft 4 (1973), S. 142
- Von Vegesack, Alexander (Hrsg.): *Verner Panton – das Gesamtwerk*. Weil am Rhein: Vitra Design Museum, 2000
- Vorstatik Rondo. Statische Berechnung Ing. Dr. Walther, Seite 1-18, ohne Datum
- Wagenführ, Horst: Wie wird im Jahre 2000 gebaut? In: *Der Architekt* Heft 12 (1972), S. A 544-A 548
- Walter, M.: Das Kugelhaus. In: *Aluminium* Heft 9 (1957), S. 602-603
- Weber, Fritz: Raumzellen. In: *Deutsche Architektur* Heft 5 (1970), S. 300-304
- Weiß, Erhard: Geben die Kunststoffe noch weitere Rationalisierungsmöglichkeiten für den Wohnungsbau? In: *Bauen mit Kunststoffen* Heft 1 (1973), S. 49
- Weller, Konrad: *Industrielles Bauen* 2. Stuttgart [u.a.]: Kohlhammer, 1989
- Weller, Konrad: Industrielles Bauen. In: *db (deutsche Bauzeitung)* Heft 10 (1998)
- Wende, A.; Bernert, J., Hintersdorf, G.: Hallen- und kuppelartige Flächentragwerke aus schalenförmigen und gekrümmten GFK-Fertigteilen. In: *Kunststoffe* Heft 12 (1965), S. 899-902
- Werner, Frank; Seidel, Joachim: *Der Eisenbau: vom Werdegang einer Bauweise*. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1992
- Why not a filament round house? In: *Modern Plastics International* August (1970), S. 14-15
- Wildschut, A.J.; Huybers, Peter: Forschungen über Kunststofftragwerke im Stevin-Laboratorium Delft, Holland. In: *plasticconstruction* Heft 1 (1971), S. 3-11
- Williams, R.J.: Brückenüberdachung aus Glasfaserkunststoff. In: *plasticconstruction* Heft 5 (1972), S. 213-214
- Williams, R.J.: Dubais Tor zur Welt. In: *plasticconstruction* Heft 6 (1971), S. 261-265
- Wilquin, Hugues: *Bauen mit Aluminium - Konstruktion und Gestaltung*. Basel, Berlin, Boston: Birkhäuser Verlag, 2001
- Wohnen 2000*. Deutsche Bausparkasse, ca. 1965, Ausstellungsführer, IBKArchiv- Archivmaterial

Zerning, John: *Design Guide to Anticlastic structures in Plastic*. London: Polytechnic of Central London, 1975 und 1976

Zur Lage der Bauwirtschaft. In: *Bauwelt* Heft 5 (1974), S. 195-199

Internetseiten

http://www.unb.br/fau/pos_graduacao/cadernos_electriconos/a_concepcao/sthephane.htm; 17.10.2005, 17:42 MEZ

<http://architect.architecture.sk/renzo-piano-architect/renzo-piano-architect.php>; 31.08.2005, 14:05 MEZ

<http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96lkrise>; 31.08.2005, 14:05 MEZ

http://de.wikipedia.org/wiki/Peter_Smithson; 31.08.2005, 13:31 MEZ

http://de.wikipedia.org/wiki/Richard_Buckminster_Fuller; 31.08.2005, 13:38 MEZ

http://de.wikipedia.org/wiki/Team_10; 31.08.2005, 13:47 MEZ

<http://deu.archinform.net/arch/21041.htm?ID=64e736e8d24d45c6ea8d851db5eaf543>

http://members.aol.com/diziago/HOTF_brochure.html; 07.11.2003, 17:47 MEZ

<http://www.angelfire.com/home/futurohouse/index.html>; 09.12.2003, 16:23 MEZ

<http://www.architectes.org/telechargement/Infodoc/CDP-N22.pdf>; 31.08.2005, 14:29 MEZ

<http://www.architekten-bsa.ch/perl/prizewinner.pl?year=1999>; 05.05.2004, 10:16 MEZ

<http://www.bayhillventures.com/Ensculptic.htm>; 19.12.2005, 17:35 MEZ

http://www.bbs-winsen.de/GoBlack/Astronom/Theorie/t_gesch10.htm; 18.01.2006, 17:42 MEZ

<http://www.bfi.org/gallery/FlysEyeDome>; 17.05.2004, 16:35 MEZ

<http://www.cndyorks.gn.apc.org/fdales/uk&starwars.htm>, 18.01.2006, 15:25 MEZ

<http://www.db.bauzeitung.de/sixcms/media.php/273/buckminsterfuller.pdf>; 30.08.2005, 11:42 MEZ

http://www.de.emb-japan.go.jp/presse/jb_050407_1.html; 30.01.2006, 16:11 MEZ

<http://www.designboom.com/eng/archi/maneval.html>; 12.02.2002, 10:35 MEZ

<http://www.disneyphenom.com/site/Disneyland/Tomorrowland/HouseoftheFuture/ride/index.html>; 27.07.2005, 16:03 MEZ

<http://www.dubaiairport.com/DIAInternet/Airport+Guide/Departing>; 03.05.2004, 16:23 MEZ

<http://www.ensculptic.com/index.html>; 19.12.2005, 17:44 MEZ

<http://www.feierbach.com>; 31.07.2003, 10:23 MEZ

<http://www.geocities.com/SoHo/1469/sullivan.html>; 31.08.2005, 16:34 MEZ

<http://www.ingenious.org.uk/See/?s=S2&target=ctx&DCID=1983...>

<http://www.jousse-entreprise.com/html/furniture/maneval/maneval01.html>; 12.02.2002, 10:48 MEZ

http://www.literaturkritik.de/public/rezension.php?rez_id=8220&ausgabe=200506; 31.08.2005, 14:10 MEZ

<http://www.ls-aoe.tu-cottbus.de/news/feuerstein/feuerstein.html>; 20.06.2002, 11:45 MEZ

<http://www.olats.org/schoffer/giap1.htm>; 15.01.2004, 10:40 MEZ

<http://www.plasticliving.com/hotf/f.html>; 20.01.2004, 10:12 MEZ

<http://www.plastiquarian.com/ellis.htm>; 05.01.2006, 17:22 MEZ

<http://www.plastiquarian.com/unsatura.htm>; 05.01.2006, 17:44 MEZ

<http://www.radome.net>; 28.09.2004, 17:47 MEZ

<http://www.radomes.com>; 28.09.2004, 18:16 MEZ

<http://www.salsburg.com/geod/monohex.html>; 09.06.2004, 10:14 MEZ

<http://www.solwaygallery.com/Pages/twelve.html>; 09.06.2004, 10:58 MEZ

http://www.stpuk.org/czlonkowie_honorowi/stanislaw_makowski.htm; 31.08.2005, 13:30 MEZ

<http://www.subbrit.org.uk/rsg/sites/f/fylingdales>; 18.01.2006, 14:57 MEZ

<http://www.surrey.ac.uk/eng/pg/civil/modstrut.htm>; 31.08.2005, 13:05 MEZ

<http://www.swissinfo.org/sde/swissinfo.html?siteSect=113&sid=5943595&cKey=1121352672000;>
20.01.2006, 14:01 MEZ

http://www.tu-dresden.de/biwtb/mbau/download/l_99_03.pdf; 27.01.2006, 10:15 MEZ

<http://www.uni-stuttgart.de/ibk1/de/institut/inst-detail/huebner-bauten.html>; 14.05.2002, 10:34 MEZ

<http://www.urbanisme.fr/numero/341/Mag/actualites.html>; 31.08.2005, 13:34 MEZ

http://www.uwo.ca/english/canadianpoetry/architexts/essays/arctic_research_centre.htm;
28.01.2006, 14:16 MEZ

<http://www.xarface.com/frengo/post/3/199>; 31.08.2005, 10:18 MEZ

<http://www.zacharz.com/duchateau/english.htm>, 31.08.2005, 11:49 MEZ

http://www.zeit.de/archiv/1970/11/Zt19700313_051_0114_Le?page=all; 30.01.2006, 16:16 MEZ

Gespräche

Genzel, Elke; Pamela Voigt (Promotionsstudentinnen der Bauhaus-Universität Weimar) (07.02.2006, 13:00-15:00 MEZ): Gespräch mit Gert Hintersdorf

Genzel, Elke (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (17.05.2004, 10:00-10:20 MEZ): Gespräch mit Heinz Hossdorf

Genzel, Elke (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (14.06.2005, 10:00-12:00 MEZ): Gespräch mit Heinz Hossdorf

Genzel, Elke (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität , Weimar, FOMEKK) (10.03.2004, 17:00-17:10 MEZ): Gespräch mit René Walter

Genzel, Elke (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (12.08.2004, 14:00-14:10 MEZ): Gespräch mit dem Sekretariat des Büro Walther Mory Maier Bauingenieure AG, CH – 4142 Münchstein, Postadresse = Postfach CH-4023 Basel

Genzel, Elke; Pamela Voigt (wissenschaftliche Mitarbeiterinnen, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (24.09.2002, 13:00-16:00 MEZ): Gespräch mit Heinz Isler

Genzel, Elke; Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterinnen, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (02.09.2001, 10:00-13:00 MEZ): Gespräch mit Frau Feierbach

Genzel, Elke; Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterinnen, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (02.06.2004, 11:30-15:00 MEZ): Gespräch mit Matti Suuronen und Ossi Siponen, (Ingenieurbüro Ossi Siponen, Malminkaari 5, 00700 Helsinki)

Genzel, Elke; Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterinnen, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (18.03.2004, 10:00-13:00 MEZ): Gespräch mit Herrn Gockl, Freiburg

Genzel, Elke; Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterinnen, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (20.04.2005, 18:30-18:45 MEZ): Gespräch mit Herrn Stefan Polónyi, Weimar

Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (20.06.2004, 14:00-14:10 MEZ): Gespräch mit Philippe Jousse, Jousse-Entreprise Galerie

Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (13.10.2004, 13:00-13:10 MEZ): Gespräch mit Matthias Stief, Berlin

Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (26.05.2004, 12:00-10:5 MEZ): Gespräch mit Herrn Bolmerg

Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (23.09.2004, 10:45 -10:50 MEZ): Gespräch mit Frau Dutler, St. Gallen

Voigt, Pamela (wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bauhaus-Universität Weimar, FOMEKK) (21.06.2004, 12:00-13:00 MEZ): Gespräch mit Herrn Dante Casoni, Basel, CH